

Digitized by Google



Digitized by Google


Digitized by Google

Digitized by Google

7108.cc.16

Google

GEOLOGIE DER GEGENWART.

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google



Bernhard Cotta.

Digitized by Google

DIE

GEOLOGIE DER GEGENWART

DARGESTELLT UND BELEUCHTET

VON

BERNHARD VON COTTA

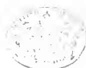


ZWEITE, VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

LEIPZIG

VERLAGSBUCHHANDLUNG VON J. J. WEBER.

1867.



Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

Digitized by Google

VORWORT.

Die Gegenwart ist nur eine Grenze zwischen Vergangenheit und Zukunft; die Vergangenheit kann man schildern, die Zukunft beleuchten, wie aber wäre das streng genommen für den stets verschwindenden Moment der Gegenwart möglich? Dennoch erschien mir der Titel „Geologie der Gegenwart“ nicht unpassend für ein Buch, in welchem diese ideale Zeitgrenze nur wenig nach rückwärts und vorwärts überschritten wird.

Eine besondere Veranlassung zu dieser Kritik der Geologie, die kein Lehrbuch sein soll, gab mir die hundertjährige Jubelfeier unserer Bergakademie. Da diese Anstalt seit Werner stets einen lebendigen Antheil an den Fortschritten unserer Wissenschaft genommen hat, und da in ihren Räumen überhaupt die ersten öffentlichen Lehrvorträge über Geognosie gehalten worden sind, so lag es mir nahe, für diese Gelegenheit eine Festrede über die Fortschritte der Geologie zu über-

Digitized by Google

nehmen. Es zeigte sich aber bald, dass es ganz unmöglich sei, in einem halbstündigen Vortrage diese Aufgabe auch nur annähernd zu lösen; ich zog es daher vor, das Material in dieser besonderen Festschrift zu sammeln, in der Rede aber nur Hauptpunkte hervorzuheben.

Es erschien mir dabei besonders wichtig, den innigen Zusammenhang aller Naturwissenschaften unter sich und mit dem Menschenleben zu zeigen; zu zeigen, dass die Abgrenzung des Wissens in besondere Fächer nur ein Hülfsmittel, eine Erleichterung, nicht eine innere Nothwendigkeit sei.

Als Grundgedanken der Ausführung, welcher alle Abschnitte dieses Buches durchzieht und verbindet, kann ich die *allmälige Entwickelung durch stete Summirung der Einzelwirkungen* bezeichnen, dieses allgemeine Naturgesetz, von welchem *Darwin's* Artentheorie nur eine specielle Anwendung auf das organische Leben ist. Ich habe diesen Gedanken bereits 1850 im neuen Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. S. 313 angedeutet, dann aber 1858 in meinen „Geologischen Fragen“ S. 8 deutlich ausgesprochen; hier liegt nun eine weitere Ausführung desselben vor.

Wenn man jedes Jahr einige Monate auf Beobachtung der Natur verwendet, die Hauptzeit aber auf das Lehramt, so mag es dann auch gestattet sein, sich allgemeineren Betrachtungen über die Resultate fremder

Digitized by Google

und eigener Forschungen hinzugeben, und diese einem grösseren Publikum vorzulegen. Solche Betrachtungen können natürlich nur wenig Neues enthalten, ihr Hauptzweck ist die Sichtung und Verbindung des Bekannten. Ich habe es dabei nicht für nöthig gehalten, überall specielle Citate einzufügen. Der Geolog von Fach bedarf ihrer nur ausnahmsweise, und der blosse Freund der Wissenschaft, den ich gern zu meinen Lesern zähle, wird, glaube ich, schwerlich die Absicht hegen, Alles speciell zu vergleichen.

Da ich mir die Aufgabe gestellt habe, in der Einleitung den Inhalt des ganzen Buches kurz zu entwickeln, so waren dabei manche Wiederholungen unvermeidlich. Die Abschnitte VII und VIII erschienen bereits vergangenes Jahr in englischer Uebersetzung unter dem Titel „Geology and history“ durch einen Freund R. R. Noel; ihr Inhalt ist jedoch seitdem wesentlich erweitert worden. Endlich halte ich es noch für nöthig, zu bemerken, dass das Manuscript bereits am Schluss des Jahres 1865 vollendet war, und dass neuere Erscheinungen daher nur ausnahmsweise bei der Correctur berücksichtigt werden konnten.

Freiberg, im Mai 1866.

B. Cotta.

VORWORT

ZUR ZWEITEN AUFLAGE.

Obwohl erst wenig mehr als ein Jahr verstrichen ist seit ich die vorstehenden Worte niederschrieb, so ist doch die Gegenwart natürlich nicht mehr dieselbe, dadurch aber sind manche Aenderungen und Zusätze für die zweite Auflage dieser Schrift nöthig geworden. Die wesentlichste Umgestaltung hat der VI. Abschnitt erfahren, an dessen Stelle ich das „Entwickelungsgesetz der Erde" aufgenommen, wie ich es kurz nach Herausgabe der ersten Auflage in einer besonderen Brochure darzulegen versuchte. Dieser Abschnitt bildet recht eigentlich den Brennpunkt des ganzen Buches.

Grillenburg bei Freiberg, im Juli 1867.

B. Cotta.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNISS.

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE GEOLOGIE DER GEGENWART.

Digitized by Google

Digitized by Google

EINLEITUNG.

Alle Naturwissenschaften begannen mit der Beobachtung von Thatsachen und der Aufstellung von Hypothesen zu ihrer Erklärung und Verbindung. Darauf folgte die Ausbildung von Systemen, denen man lange Zeit einen viel zu grossen Werth beilegte, bis endlich erkannt wurde, dass Systeme überhaupt kaum einen anderen Werth haben, als den: die Masse des Erkannten übersichtlicher zu machen.

Streng genommen giebt es nur **eine** Naturwissenschaft; jeder Zweig derselben ist in seinem Wachsthum abhängig von dem Gedeihen des ganzen Baumes; jeder Fortschritt in dem einen Gebiet bedingt Fortschritte in anderen, und wird dadurch bedingt.

Aufgabe der Geologie ist das Stadium des Erdbaues und seiner Entstehung; bei ihr ist eine Mitwirkung aller anderen Naturwissenschaften besonders deutlich erkennbar; denn der Geolog hat die Erde nach den verschiedensten Beziehungen zu untersuchen: als Planet des Sonnensystems, als chemisches und physikalisches Laboratorium, als Aggregat von Mineralsubstanzen, als Wohnplatz von Pflanzen und Thieren, und als Schauplatz wie Resultat einer endlosen Reihe von Vorgängen.

Niemand wird die vereinzelten geologischen Ideen und Beobachtungen des Alterthums als geologische Wissenschaft bezeichnen wollen. Wenn **Empedokles** das kosmische Centralfeuer der Pythagoräer in das Erdinnere verlegte, wenn

Google

Megasthenes und Hekatäus die Anschwemmungen des Ganges und des Nil als solche erkannten, so waren sie darum noch keine Geologen, und wenn im Mittelalter der berühmte Maler Leonardo da Vinci aus Versteinerungen auf ehemaligen Meeresboden schloss, so war er darum ebenfalls noch nicht Geolog in unserem Sinne. Die ersten Spuren einer wissenschaftlichen Ausbildung der Geologie reichen in das 16. Jahrhundert zurück. Georg Agricola 1550, Nic. Steno 1669, Rob. Hooke 1688, John Ray 1693, John Woodward 1695, Giovanni Arduino 1750, Stephan Guettard 1755, Gottl. Lehmann 1756, Christ. Füchsel 1761, Tobern Bergmann 1769, Nic. Desmarest 1771, Wilh. v. Charpentier 1778 und manche Andere sind wohl als Geologen zu bezeichnen, welche sorgfältig beobachteten und bereits manche Ideen fassten, die später weiter ausgebildet worden sind, aber eine wirklich wissenschaftliche Gestaltung erhielt die Geologie unter dem Namen Geognosie doch erst durch Werner, welcher 1780 zu Freiberg die ersten zusammenhängenden Vorträge darüber hielt. Er ordnete nicht nur die einzelnen Mineralien in seiner Art systematisch, sondern er brachte auch seine Theorie der Erdbildung in ein System.

Nach seiner Theorie ist die gesammte feste Erde durch Ablagerung aus Wasser entstanden. Alle Gesteine sind danach wesentlich gleichen Ursprungs; sie sind in einer bestimmten Reihenfolge nach einander durch Wasser abgelagert, wobei nur ein Unterschied zwischen chemischen Niederschlägen und mechanischen Anschwemmungen gemacht wurde. Die periodischen Unterbrechungen der Wasserbedeckung und die Aenderungen der Natur des abgelagerten Materials gaben Veranlassung zu der Unterscheidung sogenannter Formationen, von deren jeder Werner aber voraussetzte, dass sie sich überall petrographisch ähnlich abgelagert hätte, dergestalt, dass man nach den Gesteinsarten die ungleich alten Formationen unterscheiden und erkennen könne.

Die Vulkane hielt Werner durchaus nur für Resultate localer Entzündung brennbarer Stoffe im Erdinnern. Die Laven

waren danach nur umgeschmolzene Gesteinsmassen, während man sie jetzt im Gegentheil als sehr ursprüngliche Gesteinsbildungen betrachtet, und die vulkanische Thätigkeit als eine Folge der allgemeinen Erdbeschaffenheit.

Auch die Unebenheiten der Erdoberfläche waren nach Werner's Theorie fast ausschliesslich Resultate der Abspülung durch Wasser.

Das dürfte in aller Kürze das Wesentlichste von Werner's Erdbildungstheorie sein.

Die grosse Einfachheit und Consequenz derselben, noch gestützt durch die Persönlichkeit ihres Urhebers, sicherte ihr eine sehr allgemeine Anerkennung und Verbreitung. Nichts schien leichter, als sie zu verstehen und danach Geologie zu studiren. Aber sie beruhte nur auf einer kleinen Zahl unvollkommen erkannter Thatsachen, auf einem äusserst beschränkten Gebiet geologischer Untersuchung, und sie fand auch in den übrigen Zweigen der Naturwissenschaft noch keine so umfassende Stütze oder Berichtigung, wie sie uns jetzt geboten wird. So ausserordentlich einflussreich diese streng systematische Anschauungsweise auf die Entwickelungsgeschichte der Geologie gewesen ist, so ist es unter diesen Umständen doch gar nicht zu verwundern, dass sich von ihr beinahe nichts erhalten konnte. Selbst die genauere Untersuchung der wirklich sedimentären Ablagerungen hat zu wesentlich anderen Resultaten geführt.

Es wäre nun wohl interessant, den Weg speciell zu verfolgen, auf welchem so bedeutende Umgestaltungen in einer so neuen Wissenschaft hervorgebracht worden sind, doch würde mich eine eingehende Untersuchung der Art zu weit von meinem eigentlichen Zweck abführen, welcher in der Darstellung des gegenwärtigen Zustandes der Geologie besteht. Einige kurze allgemeine Bemerkungen über die Umgestaltung mögen indessen hier Platz finden, indem ich die Hauptzüge des Fortschrittes in einzelnen Abtheilungen des Gesammtgebietes hervorzuheben versuche.

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass auch in den Wissen-

Digitized by Google

schaften die Moden wechseln, in so fern bald diese, bald jene Reihe von Untersuchungen vorherrschend cultivirt wird. In der Geologie waren die Tagesfragen wechselnd physikalischer, chemischer, mineralogischer und organischer Natur.

Alle dauernden Fortschritte wurden mühsam und langsam gewonnen, nicht sprungweise und plötzlich. Vereinzelte, wenn auch noch so merkwürdige Beobachtungen, oder plötzlich auftauchende geistreiche Hypothesen, haben zwar Fortschritte angebahnt, aber noch nie eine plötzliche Umgestaltung der ganzen Wissenschaft bedingt. Es verhält sich das ähnlich wie in der Entwickelungsgeschichte der Erde, wo ebenfalls die langsamen aber dauernden Wirkungen weit wichtiger sind als die plötzlichen, schnell vorübergehenden, — die sogenannten Katastrophen oder Erdrevolutionen — die stets nur eine locale Bedeutung haben.

Der Ursprung zahlreicher wichtiger Fortschritte im Gebiete der Geologie ist durch ihre anfängliche Unscheinbarkeit geradezu so in Dunkel gehüllt, dass sich kaum ein bestimmter Urheber bezeichnen lässt, und selbst in den Fällen in welchen sich für eine wichtige Entdeckung oder für eine neue fruchtbringende Idee oder Anschauungsweise der Name eines einzelnen Forschers nennen lässt, da ist dieser doch oft nur der Erste gewesen, welcher bereits bekannte Thatsachen mit irgend einer eigenen Entdeckuug geschickt verknüpft, oder der die vorher unklar vorhandenen Ideen zuerst klar formulirt und ausgesprochen hat. Es lässt sich etwas der Art selbst von der höchst einflussreichen Wendung behaupten, welche Sir Ch. Lyell der Geologie gab; sie war bereits vorbereitet, und von Hoff hat in seiner „Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche" (1822 Bd. I, S. 6, 209) den Grundgedanken sogar ausgesprochen. Das schmälert nicht die grossen Verdienste Lyell's, aber es bezeichnet den normalen Verlauf solcher, oft unscheinbar beginnenden, grossen Wendungen. Sehr oft fehlt aber überhaupt ein bestimmter Name als Ausgangspunkt, und ich werde deshalb in der Bezeichnung umgestaltender Autoren sehr sparsam sein. Auch Werner war nicht der Erste, welcher

den Formationsbegriff festzustellen versuchte; ihm ging Füchsel voraus. Entdeckungen, wie gesunde Theorien, lassen sich überhaupt nicht erzwingen, nicht willkührlich machen; sie müssen vorbereitet sein, und stellen sich danu beim eifrigen Studium der Dinge von selbst ein.

Schon vor Werner, und während seines Wirkens besonders durch Hutton und Voigt, wurden auch ausser den echten Laven der Vulkane einige Gesteine für vulkanischen Ursprungs gehalten, so namentlich die Basalte; und während Werner in Freiberg Schüler aus allen Ländern für seine Lehren begeisterte, entbrannte bereits ein lebhafter Kampf zwischen den sogenannten Neptunisten und Vulkanisten. Die letzteren stellten zwar die unverkennbaren Wirkungen des Wassers durchaus nicht in Abrede, erkannten aber daneben die vulkanische Thätigkeit als ein sehr wesentliches Moment in der Erdentwickelungsgeschichte, während die Neptunisten ausschliesslich Alles durch Wasser entstehen liessen.

Es handelte sich bei den Vulkanisten um ein Mehr oder Weniger der vulkanischen oder neptunischen Wirkungen, bei den Neptunisten dagegen um Alles, d. h. um die Allgemeinheit der Wasserbildungen, und nur um ganz secundäre Umgestaltungen durch locale innere Brände.

Ueber das Mehr oder Weniger waren die Vulkanisten auch unter sich nicht einerlei Meinung, d. h. die Einen rechneten gewisse Gesteine noch zu den vulkanischen, welche von Anderen für neptunische Bildungen gehalten wurden. Diese Grenzen sind im Laufe der Zeit vielfach verrückt, zuweilen über die Gebühr einseitig ausgedehnt oder beschränkt worden. Sie stehen auch jetzt noch nicht fest.

Alle diese Schwankungen im Einzelnen zu verfolgen, kann hier nicht meine Absicht sein; auf den allgemeinen Weg den man dabei einschlug, und auf den Standpunkt welchen man dadurch erreicht hat, kommt es mir an.

Von sehr wesentlichem Einfluss auf die Entwickelung der vulkanischen Lehren war die Einführung und immer schärfere Feststellung des Unterschiedes zwischen vulkanisch und plu-

tonisch, auf welchen Hutton zuerst aufmerksam gemacht hatte. Vulkanisch ist, was an der Erdoberfläche, plutonisch dagegen, was im Erdinnern durch vulkanische Thätigkeit entsteht, oder zur Erstarrung gelangt. Dass sich nicht eine scharfe Grenze zwischen dem Einen und dem Anderen ziehen lässt, versteht sich von selbst, verhindert aber durchaus nicht, die Extreme leicht und bestimmt zu trennen.

Man hat diese Unterscheidnng zuweilen mit dem relativen Alter der Gesteine vermengt oder gar verwechselt, während sie in Wirklichkeit an und für sich davon ganz unabhängig ist. Echt vulkanische Bildungen können möglicherweise ebenso alt sein wie echt plutonische, und umgekehrt plutonische so neu wie vulkanische. Sie sind beide überhaupt nicht der Zeit und dem Ursprung, sondern nur dem Niveau nach verschieden. Die vulkanische Thätigkeit, welche in der Tiefe plutonische, an der Oberfläche vulkanische Producte erzeugt, ist nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich eine allgemeine Eigenschaft des Erdkörpers. Keine Erdgegend und keine geologische Periode ist principiell davon ausgeschlossen. Wenn auch gegenwärtig die specifischesten sichtbaren Wirkungen dieser Thätigkeit, die Vulkane, auf bestimmte Erdgegenden beschränkt sind, so lassen sich doch die deutlichsten Spuren derselben durch alle geologische Perioden zurück, und in diesen durch alle Erdgegenden, verfolgen. Zu allen Zeiten aber sind ihre Producte sowohl vulkanische als plutonische gewesen.

Der Altersunterschied zwischen vulkanischen und plutonischen Gesteinsbildungen ist daher nur ein scheinbarer, d. h. die beobachtbaren echt vulkanischen sind in der Regel sehr neuer Entstehung, die beobachtbaren echt plutonischen gehören dagegen stets einer älteren Bildungsperiode an. Das ist eine nothwendige Folge des formalen Unterschiedes beider, bezieht sich aber eben nur auf das, was man jetzt an der Erdoberfläche sehen kann.

Wenn irgendwo vulkanische Kegel älterer geologischer Perioden in ihrem Niveau und über dem Meeresspiegel verblieben, da sind sie nach dem gänzlichen Erlöschen der Thätig-

keit verfallen, verwittert, und durch Regenfluthen abgespült; wo sie aber versanken, da hat das Meer sie eingeebnet und mit neuem Material überlagert. In beiden Fällen werden sie kaum noch als solche erkennbar sein, zumal da nur ihr innerer, in gewissem Grade plutonischer Theil übrig blieb. Wenn dagegen im Innern der Erde erstarrende Lavamassen sich noch jetzt unzweifelhaft zu mehr oder weniger plutonischen Gesteinen gestalten, so sind diese so lange jeder Beobachtung entzogen, bis sie durch Hebung und Abschwemmung ihrer ursprünglichen Bedeckung frei gelegt werden. Dazu gehört aber allemal viel Zeit, und hat stets viel Zeit gehört. So ist es denn ganz natürlich, dass man plutonische Gesteine nur dann beobachten kann, wenn sie schon ein ziemliches Alter erreicht haben. Dieses Alter wird durchschnittlich ein nm so höheres sein müssen, in je grösserer Tiefe sie entstanden, d. h. je entschiedener plutonisch sie gebildet wurden. Hierdurch erklärt sich die durchschnittliche Altersreihe von den tiefplutonischen Graniten und Syeniten durch die mittel- oder oberplutonischen Porphyre und Grünsteine bis zu den unter- und den echtvulkanischen Trachyten und Basalten. Diese Regel des beobachtbaren Vorkommens der Plutonite schliesst aber gar nicht aus, dass dergleichen Gesteine noch jetzt im Erdinnern entstehen, und vereinzelte Ausnahmen von der Regel erklären sich sehr einfach durch locale, in gewissen Perioden besonders energische oder unausgesetzte Wirkung der Erhebung und Abschwemmung. Doch gehen diese Ausnahmen niemals so weit, dass man echt plutonische Gesteine während oder kurz nach ihrer Entstehung beobachten könnte.

Auffallend ist es allerdings, und bis jetzt auch noch nicht befriedigend erklärt, dass man von echt vulkanischen Gesteinen, wie z. B. basaltische Lava und Basalt, auch in den Conglomeraten der älteren Ablagerungen noch nie ein Geschiebe sicher nachweisen konnte; denn wenn auch die alten Vulkane abgeschwemmt und dadurch als solche unkenntlich geworden sind, so kann doch das feste Material aus dem sie bestanden, nicht vollständig zerstört und vernichtet sein; Geschiebe von

Basalt mussten sich in Conglomeraten ebenso gut erhalten als solche von Quarzporphyr oder Granit, und doch ist mir wenigstens noch kein vortertiäres Conglomerat bekannt, welches erkennbare Geschiebe von Basalt enthielte.

Dieser Umstand verdient jedenfalls in hohem Grade die Aufmerksamkeit aller beobachtenden Geologen, da aus ihm zunächst hervorzugehen scheint, dass die älteren vulkanischen Gesteine von den neueren wirklich etwas verschieden waren, nicht nach ihrer chemischen, wohl aber nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung und Textur. Eine Erklärung dafür würde eben nicht schwer fallen, wenn man voraussetzen darf, dass die Atmosphäre sich nach und nach mit der Verminderung der Gesammttemperatur des Erdkörpers, durch Abgabe von Stoffen an die feste Erde verdünnt hat, und folglich die Erstarrung auch der vulkanischen Gesteine anfangs unter einer etwas dichteren und schwereren Atmosphäre erfolgte, als gegenwärtig.

Nachdem man erkannt hatte, dass die vulkanische Thätigkeit jedenfalls ein höchst wichtiges und allgemeines Agens für die innere wie für die äussere Gestaltung des Erdkörpers sei, indem dieselbe von jeher Eruptionen heissflüssiger Gesteinsmassen, sowie mehr oder weniger locale Hebungen und Senkungen und allerlei Störungen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse veranlasst habe, — nachdem man also dies einmal erkannt hatte, schritt man in dieser Richtung weiter und weiter vor, und oft freilich über alles Maass hinaus. Sogar Gyps und Steinsalz wurden vorübergehend von Einigen zu den eruptiven Gesteinen gerechnet; fast jeder Berg galt manchem Geologen für das Product einer besonderen Erhebung, jedes Thal für eine weite Spalte, die Bergketten für, nach bestimmten Richtungsgesetzen plötzlich emporgeschoben; an den Vulkanen unterschied man Erhebungs- und Aufschüttungskrater u. s. w. u. s. w. Dergleichen ausserordentliche Vorgänge wurden aber fast ausschliesslich nur der sogenannten Vorwelt zugeschrieben, einer Zeit, in welcher man das jetzt Undenkbare für möglich, und sich dabei kaum an die gegenwärtig erkannten Naturgesetze

gebunden hielt. Eine sehr verbreitete Vorstellung schrieb dem Hervortreten der Eruptivgesteine stets Störungen der Lagerung zu. Ja man ging so weit, dass man für jede Störung der Lagerungsverhältnisse irgend eine Eruptivmasse als Ursache suchte. Das Irrige dieser Vorstellung habe ich im dritten Abschnitt ausführlich nachgewiesen.

Zum Theil Lyell's Einfluss hat diese Auswüchse geologischer Phantasie grösstentheils wieder beseitigt, und solche, wie andere haltlose Hypothesen aus unserer Wissenschaft entfernt. Ich glaube wohl behaupten zu dürfen, die weit überwiegende Mehrzahl der gegenwärtig beobachtenden Geologen hat jene extreme Ausdehnung vulkanischer Lehren längst aufgegeben oder nie anerkannt, und der Kampf gegen solche Extreme ist eigentlich nur ein Kampf mit Windmühlen. Wer denkt heute noch daran, dass jeder Berg das Resultat einer selbstständigen Hebung, jedes Thal die Folge einer weiten Berstung sein müsse; nur in Frankreich findet die sonderbare Hypothese von der periodischen Zerspaltung der Erdkruste in der Richtung grösster Kreise, die sich nach krystallographischen Gesetzen unter bestimmten Winkeln durchschneiden, noch einige Anhänger. Die Mehrzahl der Geologen ist dagegen der Ansicht, dass die Gebirgsketten zwar das Resultat von Erhebungen sind, die meist gewissen Hauptrichtungen folgten, — wie zuerst Leop. v. Buch lehrte — dass aber diese Erhebungen ganzer Gebirgsketten niemals plötzlich, sondern vielmehr sehr allmälig eintraten, und dass ihre Richtungen von inneren Zuständen abhängen die sich jeder Berechnung entziehen. Diese Mehrzahl ist ferner zu der Ueberzeugung gelangt, dass die sogenannten Erhebungskrater, wie namentlich Lyell, Hartung, Junghuhn für Java, und Vogelsang für die Eifel nachwiesen, in Wirklichkeit eher das Gegentheil von dem sind, was ihre Benennung ausdrückt, — nämlich Folgen von Einstürzungen, also richtiger Senkungskrater; und dass endlich manche locale Störungen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse eben so gut oder besser als durch vulkanische Erhebungen, durch Senkungen, in Folge innerer Ausspülungen, erklärt wer-

den können. Die grossartigen Schichtenstörungen in Gebirgsketten, wie z. B. in den Alpen, werden in der Regel Folgen vulkanischer Thätigkeit sein, aber man ist zu weit gegangen, wenn man jeder Eruptivmasse solche Störungen zuschrieb, und für jede Störung nach einem veranlassenden Eruptivgestein suchte. Selbst die Erhebung der Gebirgsketten lässt sich beinahe nur ausnahmsweise auf den Durchbruch bestimmter Eruptivgesteine zurückführen; die aufdrängende Masse ist vielmehr meist unsichtbar geblieben. Dass verhältnissmässig kleine Eruptivmassen, wie Basalt- oder Porphyrgänge, nicht den Schichtenbau ganzer Gegenden verändern konnten, ist übrigens bei unbefangener Beurtheilung nach mechanischen Gesetzen an sich selbst ganz natürlich, da ihre Masse in gar keinem entsprechenden Verhältniss zu der Dicke und räumlichen Ausdehnung der vor ihnen vorhandenen festen Erdkruste steht, welche durch sie hätte verschoben, gehoben oder gefaltet werden müssen.

Dagegen hat sich die Vertheilung der Vulkane in Reihen und Gruppen, wie sie zuerst L. v. Buch nachwies, mehr und mehr bestätigt, je grössere Theile der Erde man geologisch kennen lernte, und etwas dem Analoges giebt sich in der Vertheilung der älteren Eruptivmassen gleicher Periode, sowie in der Grundform der Gebirge zu erkennen.

Die beobachtete Zunahme der Temperatur im Erdinnern, die heissen Quellen welche aus der Tiefe entspringen, die heissflüssigen Lavaergiessungen der Vulkane in Uebereinstimmung mit den Massen- und Lagerungsverhältnissen auch aller älteren vulkanischen oder plutonischen Eruptivgesteine, haben zu der Annahme geführt, dass das Erdinnere unter einer starren Kruste sich noch jetzt in einem heissflüssigen Zustande befinde. Dadurch ist man aber fast mit Nothwendigkeit zu der weiteren Hypothese gelangt, dass die gesammte Erdmasse sich einst in einem solchen heissflüssigen Zustande befunden habe, wovon das Gegenwärtige nur noch ein Ueberrest sei, ursprünglich umgeben von einer, im Vergleich zur jetzigen Atmosphäre, dickeren und stoffreicheren Gashülle, aber zunächst

ohne Wasserhülle. Geht man von dieser Annahme aus, so erklären sich dann die allgemeinsten Züge der Erdentwickelungsgeschichte und des inneren Erdbaues auf eine sehr einfache Weise, wie ich das im sechsten Abschnitt ausführlich nachzuweisen versucht habe.

Auf Werner's Grundanschauung gestützt, entwickelte und erhielt sich auch noch lange über seine Zeit hinaus die Ansicht, dass alle Gesteine, welcher Entstehung sie auch seien, als solche je nach ihrem Alter von einander verschieden wären, mit anderen Worten, dass in jeder geologischen Periode etwas andere Gesteine entstanden, und dass man daher aus der Beschaffenheit derselben auf ihr geologisches Alter schliessen könne. Granit, Gneiss und Glimmerschiefer galten sehr allgemein für die ältesten, oder für die sogenannten Urgesteine; für später entstanden hielt man die Porphyre und die Grünsteine, für noch neuere Bildungen Trachyte, Basalte u. s. w. Selbst die sedimentären Gesteine als solche glaubte man ihrem Alter nach unterscheiden zu können.

So oft man auch durch unverkennbare Thatsachen zur Anerkennung von Ausnahmen der vermeintlichen Altersreihe genöthigt ward, so erhielt sich doch mit grosser Zähigkeit das Vorurtheil, dass die Beschaffenheit der Gesteine an und für sich von der geologischen Periode ihrer Entstehung, und ganz vorzugsweise von dieser abhängig sei, d. h. dass in ungleichen Perioden stets ungleiche, und in derselben Periode überall gleiche Gesteine derselben Kategorie gebildet worden wären. Obwohl es nun, wie schon erwähnt, nicht zu leugnen ist, dass die älteren Gesteine der verschiedenen Bildungsarten durchschnittlich anders beschaffen sind als die neueren, und dass man, von Ausnahmen abgesehen, das Alter der Gesteine allerdings einigermaassen aus ihrem Zustande beurtheilen kann, so denke ich doch, dass die Geologen jetzt ziemlich gleicher Meinung darüber sind, dass diese dem Alter oft entsprechende Ungleichheit der Gesteine viel weniger (vielleicht gar nicht) eine ursprüngliche, als eine secundäre oder durch spätere Umwandlung hervorgebrachte sei, oder dass sie durch Entstehungs-

umstände bedingt ist, die ebenfalls von der Periode der Bildungszeit unabhängig sind.

Ich muss darauf etwas näher eingehen.

Bei den sedimentären Gesteinen ist die Sache ganz klar. Sie entstanden zu jeder Zeit auf gleiche Weise wie noch jetzt: Durch mechanische Ablagerung von Thonschlamm, Sand oder Geröllen; durch chemische (zuweilen durch Thiere vermittelte) Niederschläge von kohlensaurem oder schwefelsaurem Kalk und Talk, von Eisenoxydhydrat und Kieselerde; durch Anhäufung von Pflanzentheilen u. s. w. Sie alle waren ursprünglich ebenso beschaffen wie die gegenwärtigen Ablagerungen derselben Art. Niemals entstand urspünglich ein fester Sandstein, Thonschiefer oder Anthracit. Erst durch den Druck neuerer, darüber gelagerter Schichten, durch erhöhte Temperatur, durch Eindringen von Wasser, welches löste und ablagerte, durch innere chemische Vorgänge u. s. w. wurden daraus feste Gesteine, wie Schieferthon, Thonschiefer, Sandstein, Conglomerat, dichter oder körniger Kalkstein, Dolomit, Anthracit, Graphit u. s. w. Je länger oder je stärker die umgestaltenden Ursachen einwirkten, um so grösser wurde die Verschiedenheit von dem ursprünglichen Zustande. Daher der normale, dem Alter einigermaassen entsprechende Unterschied.

So lange man in diesen Umwandlungsproducten die sedimentäre Entstehung noch deutlich erkennt, pflegt man sie nicht als metamorphische zu bezeichnen. Es sind aber diese Gesteine durch ganz allmälige Uebergänge innigst mit solchen verbunden, deren Bestandtheile z. Th. oder ganz krystallinisch wurden, in denen Glimmer, Quarz, Feldspath, Hornblende u. s. w. sich als krystallinische Mineralien ausgebildet haben, die nun ein krystallinisch-körnig-schiefriges Gemenge bilden. Die dichten Kalksteine sind zwischen ihnen in krystallinisch-körnige umgewandelt, die Kohlenlager in Graphit, die Brauneisenerze in Roth- oder Magneteisenerze u. s. w. Ist die Umwandlung so weit vorgeschritten, dann pflegt man dergleichen Gesteine als metamorphische zu bezeichnen. Ihre Wechsellagerungen entsprechen aber noch ganz denen, welche man in

den sedimentären Ablagerungen zu finden pflegt, in denen Sandsteine, Schieferthone, Mergel, Kalksteine oder Dolomite vielfach mit einander wechseln, und in denen Kohlen, Eisensteine u. s. w. als untergeordnete Einlagerungen auftreten.

Diese metamorphischen Gesteine, unter denen Glimmerschiefer, Gneiss, Hornblendeschiefer u. s. w. eine ganz hervorragende Rolle spielen, wurden von Werner als sehr alte als (Urschiefer) in ihrem ursprünglichen Zustande betrachtet.

Dass sie auf diese Weise durch Ablagerung aus Wasser nicht entstanden sein können, ward durch ihr genaueres Studium, und besonders durch die Fortschritte der Chemie klar. Nun entstanden aber sehr verschiedene Ansichten über ihre Bildungsweise. Man hielt sie theils für erste Erstarrungsproducte, theils für umgewandelte älteste Sedimentärschichten. Es mag sein, dass ein Theil derselben von der ersten Erstarrung der Erdoberfläche herrührt, wo sie aber in vielfacher Wechsellagerung unter einander, und mit Kalkstein, Dolomit, Graphit u. s. w. auftreten, da können sie kein Product gemeinsamer Erstarrung sein; ihre Entstehung durch Umwandlung ist in diesen Fällen so gut als erwiesen. Nun traten aber wieder über die Ursache und Art ihrer Umwandlung sehr verschiedene Ansichten hervor.

Zunächst meinte man, der Granit und ähnliche Eruptivgesteine könnten bei ihrem Empordringen diese Umwandlung der gehobenen oder durchbrochenen Schichten hervorgebracht haben. Aus den eruptiven Gesteinen leitete man sogar den häufigen Feldspathgehalt der krystallinischen Schiefer ab. Es ergab sich jedoch, dass für eine solche Erklärung in den meisten Fällen Ursache und Wirkung gar nicht in einem entsprechenden Verhältniss stehen, und dass sich die Verbreitung dieser Gesteine oft ganz unabhängig von dem Auftreten jener eruptiven zeige.

Es wurden dann mancherlei Erklärungen durch innere, rein chemische Vorgänge (Gährung), oder durch das Eindringen von wässerigen Solutionen versucht. Diejenigen welche den Gegenstand vorherrschend vom geologischen Standpunkte auf-

fassten, sind zu der Ansicht gelangt, dass auch alle diese Umwandlungen nur das Extrem derjenigen Veränderungen darstellen, welche man in der gesammten Reihe der sedimentären Ablagerungen kennt, und dass sie im Wesentlichen nur Folgen sehr lange dauernder Einwirkungen erhöhten Druckes und erhöhter Temperatur, vielleicht unter theilweiser Mitwirkung von Wasser, sind. Je tiefer eine Ablagerung versank und je stärker sie in Folge davon bedeckt wurde, um so vollständiger wurde sie verändert.

Es liegt nahe, dass solche Umwandlungen durch Einwirkung erhöhter Temperatur im Erdinnern selbst das äusserste Extrem erreichen können, d. h. dass die einst abgelagerten Massen, deren Material ursprünglich aus der Zerstörung von Erstarrungsgesteinen hervorging, auf's Neue heissflüssig werden, und dann als Eruptivgesteine erstarren. Das führt zu einem Kreislauf der Stoffe auch innerhalb der unorganischen Erde, wie er für die organische Welt längst bekannt ist; die Substanz bleibt, aber die Form ihres Auftretens verändert sich.

Ganz von selbst folgt daraus, dass vorzugsweise die allerältesten Sedimentärgesteine von diesen Vorgängen der vollständigen Umwandlung betroffen worden sind, viel seltener auch neuere, und niemals die neuesten. Es erklärt sich daraus die Thatsache, dass die echten krystallinischen Schiefergesteine durch ganz unmerkliche Uebergänge mit den weniger veränderten, noch erkennbar sedimentären, verbunden sind. Es erklärt sich daraus ferner, warum die metamorphischen Gesteine in der Regel sehr alt sind, gewöhnlich sogar die allerältesten die man beobachten kann. Es erklärt sich daraus endlich, warum diese krystallinischen Schiefergesteine durchschnittlich weniger Kalkerde enthalten als die eruptiven Gesteine oder die deutlich sedimentären in ihrer Totalität, da die Kalkerde, aus ihrer Auflösung in Wasser, wesentlich erst durch das Eingreifen des organischen Lebens selbstständig als besonderes Gestein zur Wiederablagerung gelangt zu sein scheint. Kalkstein bildet daher sehr oft besondere Lagerstätten, namentlich zwischen den etwas neueren krystallinischen Schiefern.

Digitized by Google

Auch in diesem Falle ist also der Gesteinszustand nicht Folge der Bildungszeit an und für sich, sondern vielmehr Folge der Umstände, welche während einer sehr langen Dauer auf das erste Ablagerungsproduct eingewirkt haben. Nach beiden Richtungen giebt es Ausnahmen; nach der einen sehr alte Ablagerungen die nur wenig verändert sind, wahrscheinlich weil sie nie stark bedeckt wurden, wie die silurischen Thone in Nordrussland; nach der anderen ziemlich neue Schichten welche ungewöhnlich stark verändert, z. Th. sogar in krystallinische Schiefer umgewandelt sind, weil sie besonders mächtig überlagert waren, wie z. B. viele vortertiäre und selbst eocäne Ablagerungen im westlichen Alpengebiet, deren Erhebung aus der Tiefe erst in verhältnissmässig neuer geologischer Periode erfolgt zu sein scheint.

Da auch durch äussere Einwirkungen der Atmosphäre und des Wassers eine gewisse Reihe von Umwandlungen der Gesteine bewirkt wird, die man gewöhnlich als Zersetzung oder Verwitterung zu bezeichnen pflegt, so hat v. Haidinger für diese beiden Gegensätze der Veränderung zwei besondere Ausdrücke vorgeschlagen, indem er die Veränderungen im Inneren der Erde als katogene bezeichnet, die von der Oberfläche ausgehenden dagegen als anogene. Von selbst versteht es sich, dass dasselbe Gestein im Verlaufe der Zeit von beiderlei Einwirkungen betroffen werden kann.

Wenn ich vorher den Gneiss unter den metamorphischen Gesteinsbildungen nannte, so muss ich jetzt hierzu erläuternd bemerken, dass ich damit keineswegs allen Gneiss als metamorphisch bezeichnen wollte. Dass vieler Gneiss trotz seiner schiefrigen Textur eruptiver Entstehung sei, ist hinreichend festgestellt, und sehr leicht ist es möglich, dass einiger von der ersten Erdkrustenbildung herrührt. Das wird sich stets nur durch genaue Untersuchung des Vorkommens für den speciellen Fall entscheiden lassen, wenigstens kennt man bis jetzt noch kein untrügliches Merkmal, mit dessen Hülfe man aus der Beschaffenheit des Gesteines an sich die Art seiner Entstehung erkennen könnte. Es ist zwar möglich, dass die

genaue chemische Untersuchung solche Merkmale künftig darbietet, aber auch dann wird es immerhin noch sehr gut möglich sein, dass ein metamorphischer Gneiss zufällig dieselbe elementare Zusammensetzung besitzt, welche typisch für den eruptiven ist, oder dass ein eruptiver Gneiss so stark von der normalen Formel abweicht, dass man ihn hiernach ebenso gut für metamorphisch halten könnte.

Ist die Lagerung und Verbindungsweise eines an sich zweideutigen Gesteins vollständig genug bekannt, so wird man daraus ziemlich sichere Schlüsse auf die Entstehungsweise ziehen können; finden sich z. B. in einem Gneissgebiet zahlreiche parallele Einlagerungen abweichender Gesteine, wie Glimmerschiefer, Quarzschiefer, Kalkstein, Dolomit, Graphit und dergleichen, so wird man dasselbe sicher für ursprünglich sedimentärer Entstehung, und somit für umgewandelt zu halten haben. Bildet dagegen ein Gneiss deutliche Gänge im anderen, so wird man ihn als eruptiv betrachten müssen. Auf beide Arten kann recht gut noch jetzt im Erdinnern Gneiss entstehen, aber in Tiefen die sich jeder Möglichkeit der Beobachtung entziehen.

Der Gneiss zeigt uns demnach in einer sehr auffälligen Weise, dass dieselbe Mineralverbindung mit derselben allgemeinen Textur auf sehr ungleiche Weise entstehen konnte. Da aber Aehnliches auch bei anderen Gesteinen — wie z. B. bei dem so äusserst verwandten Granit — möglich, wenn auch noch nicht so sicher nachgewiesen ist, so geht daraus hervor, dass man überhaupt fast keinem Gestein an und für sich ansehen kann, wie und wann es entstanden sei. Ueber die Bildungsweise, wie über das relative Alter der Gesteine überhaupt, entscheiden mit Sicherheit gewöhnlich nur ihre Lagerungsverhältnisse und die Art ihrer Verbindung mit anderen Gesteinen. Der Gneiss aber scheint ganz vorzugsweise dasjenige Gebilde zu sein, in welchem sich die ursprünglich sedimentären und die Erstarrungs- oder Eruptivgesteine begegnen und verbinden.

Ich wende mich jetzt zu den Gesteinen, die in ihrer Gesammtheit als eruptive erkannt worden sind, die sich aber

wieder in **vulkanische** und **plutonische** trennen lassen. Die letzteren sind allerdings, wo man sie an der Erdoberfläche beobachtet, älter als die ersteren, und zwar in der Regel um so älter, je plutonischer sie sind. Nichtsdestoweniger spricht Alles dafür, dass — so lange es eine feste Erdkruste gab — auch vulkanische Gesteine gebildet worden sind, und völlig unzweifelhaft ist es, dass noch jetzt Gesteine durch Erstarrung tief unter der Erdoberfläche, also plutonisch, entstehen. Wenn es sich aber auch so verhält, so geht daraus noch nicht hervor, dass die ältesten Laven von derselben Beschaffenheit gewesen sein müssen als die neuesten, und eben so wenig brauchten die ältesten plutonischen Gesteine den neueren oder neuesten ganz zu gleichen, denn es wäre ja sehr wohl denkbar, dass innerhalb der heissflüssigen Erdmasse sich die Stoffe oder Stoffverbindungen einigermaassen nach ihrer specifischen Schwere geordnet haben könnten, dergestalt, dass die leichteren als die oberen zuerst zur Erstarrung gelangten, die schwereren später; und was die Erstarrung an der Oberfläche anlangt, so ist es ferner, wie schon bemerkt, sehr wohl denkbar, dass dieselbe in den ersten Erdentwickelungsperioden unter einer weit stoffreicheren, dichteren und schwereren Atmosphäre, bei viel höherer Gesammttemperatur des ganzen Erdkörpers, unter anderen Bedingungen erfolgte als jetzt, und dass deshalb vielleicht die damaligen Laven eine grössere Aehnlichkeit mit den plutonischen Gesteinen erhielten.

Für alle eruptiven Gesteine, welche ursprünglich ausnahmslos Silikatgemenge mit Feldspathgehalt sein dürften, ist in neuerer Zeit die genaue chemische Untersuchung als besonders wichtig erkannt worden. Nicht in der Weise, dass man die einzelnen Gesteinsarten welche nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung und Textur besondere Namen erhalten haben, dadurch besonders sicher erkennen und unterscheiden könnte — das ist vielmehr gar nicht der Fall; aus den Resultaten einer, wenn auch noch so genauen Analyse für sich allein, kann man nicht einmal Granit von Gneiss, Quarzporphyr, Felsitfels, Trachyt, Trachytporphyr oder Obsidian und Bimsstein unter-

scheiden, und ebenso wenig sicher Syenit von Diorit, Diabas, Melaphyr oder Basalt. Die chemischen Werthe für einzelne Gesteine dieser zwei Gruppen von Eruptivgesteinen verlaufen vielmehr in einander; ihre Trennung beruht lediglich auf äusseren Kennzeichen. Wollte man die Gesteine nach ihrer chemischen Zusammensetzuug trennen und benennen, so würde man jedenfalls eine ganz neue Unterscheidung und Benennung einführen müssen, die von der mineralogischen Zusammensetzung und Textur vollständig unabhängig wäre; man würde aber auch auf diese Weise wahrscheinlich keine scharf umgrenzte Gesteinsspecies erhalten, sondern immer wieder nur Abstufungen einer langen Uebergangsreihe.

Dagegen hat sich das Verhältniss der Kieselsäure zu den basischen Bestandtheilen für alle eruptiven Gesteine als sehr wichtig ergeben. Sie zerfallen hiernach in zwei Hauptgruppen, die auch mineralogisch sich einigermaassen von einander unterscheiden. Die mineralogische Verschiedenheit, am deutlichsten hervortretend durch den Quarzgehalt einerseits und durch den gänzlichen Mangel an Quarz als Gemengtheil andererseits, veranlasste mich bereits 1849, in meiner Geognosie (S. 61 und 65) die quarzführenden von den quarzfreien Gesteinen zu trennen.

Bunsen hat diesen wichtigen Unterschied zuerst vom chemischen Standpunkte wissenschaftlich begründet, und danach saure von basischen Eruptivgesteinen unterschieden, welche beide in ihrer quantitativen Zusammensetzung sich bestimmten chemischen Formeln nähern. Das Auftreten von Quarz als erkennbarer Gemengtheil ergab sich dabei als nicht allein entscheidend, da zu den sauren oder kieselsäurereichen auch noch einige gehören die keinen freien Quarz enthalten. Die Abweichungen von der normalen Formel werden allerdings nach beiden Seiten manchmal ziemlich gross, und es kommen sogar Zwischenstufen vor, von denen es zweifelhaft bleiben muss, ob man sie den sauren oder den basischen Gesteinen zurechnen soll, die ich kürzer als Acidite und Basite unterscheide. Aber jene Zwischenstufen und starken Abweichungen spielen rücksichtlich ihrer Verbreitung doch immer nur eine unter-

geordnete Rolle gegen die Gesteine, welche sich der einen oder der anderen Normalzusammensetzung sehr nähern. Nach den neuesten Gneissuntersuchungen Scheerer's scheint es sogar, dass sich innerhalb der beiden grossen Gruppen vom chemischen Standpunkte noch Abtheilungen bilden lassen, welche ebenfalls ungefähr bestimmten Formeln entsprechen. Doch ist dieser Theil der Gesteinsuntersuchung noch nicht als abgeschlossen anzusehen, und man wird zunächst vielleicht wohlthun, sich nur an die beiden Hauptgruppen zu halten, deren Vertreter merkwürdiger Weise unter den plutonischen wie vulkanischen Gesteinen aller Altersperioden gefunden werden — dergestalt, dass zu allen Zeiten sowohl saure als basische Eruptionen oft neben einander stattgefunden haben müssen. Grosse Abweichungen von der normalen Zusammensetzung und Schwankungen innerhalb einer einzigen geologisch zusammengehörigen Gesteinsmasse mögen zuweilen dadurch veranlasst worden sein, dass eine eruptive Masse auf ihrem Wege nach der Oberfläche, durch theilweises Einschmelzen des Nebengesteines, ihr nicht ursprünglich angehörige basische oder saure Bestandtheile aufnahm, und eine nahe Uebereinstimmung mit der normalen Formel lässt sich überhaupt nur da erwarten, wo grosse Massen sehr langsam erstarrten, so dass die Elemente Zeit fanden, sich nach bestimmten chemischen Gesetzen zu gruppiren.

Wenn wir zunächst nur auf die zwei chemischen Hauptgruppen von Ernptivgesteinen Rücksicht nehmen, so wird es sehr schwer, diesen Unterschied befriedigend zu erklären. Es entsteht nämlich die Frage: wie kommt es, dass die heissflüssige Masse des Erdinnern sich überhaupt in kieselsäurereiche und kieselsäurearme Stoffverbindungen getrennt hat und getrennt blieb? Warum zeigen nicht vielmehr alle Eruptivgesteine ungefähr dieselbe Zusammensetzung, da sie doch alle einen gemeinsamen Ursprung zu haben scheinen? Fänden wir, dass die älteren Erstarrungsgesteine vorzugsweise kieselsäurereich, die neueren vorzugsweise basisch, und namentlich eisenreich seien, so würde sich das auf eine Anordnung nach dem specifischen Gewicht zurückführen lassen, da jene Verbindungen

durchschnittlich etwas leichter sind als diese, und folglich als obere Regionen zuerst zur Erstarrung gelangen konnten. Aber so ist es in Wirklichkeit nicht; vielmehr sind, wie ich schon erwähnte, in allen geologischen Perioden saure und basische Gesteine zur Erstarrung gelangt; die neuesten trachytischen Laven, und besonders die Trachytporphyre sind z. Th. gerade so kieselsäurereich als die ältesten Granite, und die ältesten Syenite oder Grünsteine sind oft gerade so basisch als die neuesten basaltischen Laven. Es müssen demnach zu allen Zeiten beide Arten von Stoffgemenge im heissflüssigen Erdinnern neben einander vorhanden gewesen sein, und das ist es, was eine befriedigende Erklärung der Sache so überaus schwierig macht.

Die Untersuchung der Erstarrungsgesteine ist nicht nur auf dem chemischen Wege sehr vorgeschritten und in ein ganz neues Stadium eingetreten, sondern man ist derselben auch mit dem Mikroskop wesentlich zu Hülfe gekommen. Dichte und selbst glasähnliche Massen sind dadurch als krystallinische Aggregate verschiedener, z. Th. bestimmbarer Mineralien erkannt worden, und in den Krystalltheilen der deutlichen Gemenge wurden allerlei fremdartige Einschlüsse nachgewiesen.

Was besonders Sorby, Zirkel und Laspeyres in dieser Beziehung leisteten, habe ich im ersten Abschnitt ausführlich besprochen.

Wir haben da nach einander die Entstehung der Gesteine durch Ablagerung oder durch Erstarrung, sowie die Veränderung ihres ursprünglichen Zustandes durch spätere Einwirkungen, flüchtig besprochen. Damit dürften die Vorgänge der Gesteinsbildung in ihren allgemeinsten Umrissen erschöpft sein. Es ist keine andere Art derselben bekannt oder denkbar. Wie viel und was Alles man der einen oder der anderen Bildungsreihe zurechnen soll, darüber wird stets nur eine genaue Untersuchung des localen Vorkommens entscheiden können. Wenn es sich aber blos um Meinungen oder Ansichten handelt, so sind diese individuell sehr verschieden.

Einen ganz ausserordentlichen Einfluss auf die richtige Erkenntniss des inneren Erdbaues übte die Herstellung geologi-

Digitized by Google

scher Karten aus, die einigermaassen belangreich erst unserem Jahrhundert angehört. Es scheint, dass der Engländer Pake 1723 den ersten Versuch gemacht hat, auf einer Karte von Kent die Verbreitung der Gesteine durch Zeichen darzustellen; ihm folgte 1778 v. Charpentier, der zuerst Farben für die Verbreitung der Gesteine in dem chursächsischen Lande anwendete. Wiederum sehen wir dann Sachsen zuerst mit einer genauen geognostischen Karte des ganzen Landes hervortreten; es ist diejenige, welche nach langen Vorarbeiten im Jahre 1844 unter Aufsicht des K. Oberbergamtes von der Freiberger Akademie durch Naumann und mich herausgegeben wurde. Ihr sind seitdem unzählige andere, von Staaten und Privatleuten herausgegeben, nachgefolgt, wodurch jetzt eine Uebersicht des geologischen Baues von Europa, Nordamerika, und einigen Küstengebieten der übrigen Welttheile möglich ist.

Ein grosser Theil, selbst der Landoberfläche, unserer Erde ist hiernach freilich noch geologisch unbekannt; aber die bereits untersuchten Erdgegenden zeigen, trotz ihrer zerstreuten Lage, dennoch eine so grosse allgemeine Uebereinstimmung ihres inneren Baues, dass sich hieraus mit Grund der allgemeinste Bau der Erdkruste beurtheilen lässt.

Ich wende mich nun einer ganz anderen Reihe von Thatsachen und Schlüssen zu, welche die geologische Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens auf der Erdoberfläche betrifft, und welche ich in den Abschnitten II und VII ausführlich behandelt habe.

Noch zu Werner's Zeit wurden Versteinerungen fast nur als Curiositäten gesammelt, während man sie vorher einigemal sogar als blosse *lusus naturae* betrachtete. Allerdings haben auch schon in sehr alter Zeit einige Naturforscher treffliche Ansichten über Versteinerungen ausgesprochen, aber erst William Smith, ein englischer Baumeister, machte bei seinem häufigen Besuch vieler Steinbrüche Englands, im Anfange unseres Jahr-

hunderts die Beobachtung, dass diese fossilen Ueberreste früherer Organismen keineswegs zufällig in den Schichten der Erdkruste vertheilt sind, sondern dass gewisse Formen stets nur in gewissen Schichten gefunden werden, und jede Species eine bestimmte unveränderliche Stellung in der Reihe der sedimentären Ablagerungen behauptet. Diese Entdeckung lenkte die Aufmerksamkeit der Geologen, zuerst Englands, in hohem Grade den Versteinerungen zu, und bald fand man, dass dasselbe Gesetz der Vertheilung nicht blos für die Schichten Englands, sondern überhaupt für alle abgelagerten Gesteine gilt. So entdeckte man eine überaus wichtige Thatsache, und zugleich das bequemste Hülfsmittel zur Bestimmung des geologischen Alters von abgelagerten Gesteinen welche Versteinerungen enthalten.

Eine grosse Umgestaltung der Geologie ward hierdurch angebahnt; ein ganz neuer Weg der Untersuchung war aufgefunden, und es wurde das Studium der organischen Reste für lange Zeit so vorherrschend Mode, dass manche andere Aufgabe deshalb unberücksichtigt blieb, und erst in neuester Zeit wieder zur Geltung gelangte, nachdem das Studium der Versteinerungen einen gewissen Grad der Vollendung erreicht hatte. Ursprünglich hätte die Altersverschiedenheit der Schichten natürlich niemals aus ihren Versteinerungen für sich allein erkannt werden können; das war vielmehr nur durch ihre Lagerung möglich. Nachdem aber einmal eine solche Altersscala für die Schichten und ihre Versteinerungen gefunden und durch sehr zahlreiche Beobachtungen ausnahmslos bestätigt war, da brauchte man zur Bestimmung des relativen Alters der Ablagerungen nichts mehr als eine gewisse Zahl deutlicher Versteinerungen.

Hierdurch war nun auch zugleich ein Mittel gewonnen, die Ablagerungen zweier, durch das Meer weit von einander getrennter Länder ihrem Alter nach zu vergleichen, was auf keine andere Weise mit einiger Sicherheit geschehen konnte, da die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse sich nicht unter dem Meere hinweg verfolgen lassen,. die wechselnde Gesteinsbeschaffenheit aber niemals ein sicheres Hülfsmittel für Altersbestimmungen darbietet.

Freilich, wie es bei neuen wichtigen Entdeckungen gar oft zu geschehen pflegt, so wurde auch diese eine Zeit lang in gewisser Beziehung überschätzt, und dadurch falsch angewendet, während man ihren vollen Werth, ihre hohe Bedeutung in allgemeinerer Beziehung noch gar nicht erkannte und würdigte. Dieser besteht offenbar noch viel mehr in der Aufklärung über den Entwickelungsgang des organischen Lebens auf der Erdoberfläche, als in der praktischen Verwendung zu Altersbestimmungen. Die Ueberschätzung und falsche Anwendung bestand namentlich darin, dass man ohne Weiteres voraussetzte, in gleich alten marinen Schichten müssten überall auch ganz gleiche Versteinerungen auftreten, und jede Ungleichheit der organischen Reste deute auch stets eine Verschiedenheit des Alters an. Man übersah dabei, dass auch schon in allen früheren geologischen Perioden die einzelnen Species nicht allgemeine Verbreitung über die ganze Erde gehabt haben, und dass, früher wie jetzt, die Bewohner der Küsten sich von denen des tiefen Oceans unterschieden haben müssen. Man setzte ferner voraus, das Auftreten neuer Species und das Aussterben vorhandener sei überall gleichzeitig erfolgt, was sich ebenfalls als irrig herausgestellt hat; ja noch mehr, man ging dabei von der Idee aus, der Artenwechsel müsse periodisch in Masse eingetreten sein, durch gewaltsame Ereignisse veranlasst; dergestalt, dass in der nächsten geologischen Periode fast keine Species der vorhergehenden am Leben geblieben, und in den Ablagerungen derselben als Versteinerung aufbewahrt sei.

So lange man unter der Herrschaft solcher Vorurtheile nur kleine Ländergebiete, wie etwa Deutschland, Frankreich oder England, untersuchte und auch in ihnen nur erst einen kleinen Theil der fossilen Species kannte, so lange schienen sie sich zu bestätigen, und diese scheinbare Bestätigung führte sogar noch zu ihrer weiteren Entwickelung, indem man nach einzelnen sogenannten Leitmuscheln haarscharf geologische Horizonte feststellte, die als beinahe allgemeine angesehen wurden.

Die organischen Reste der alpinischen Schichten durchbrachen zuerst auf recht entschiedene Weise dieses Vorurtheil. Hier zeigte sich, dass selbst in einem fast unmittelbar angrenzenden Ablagerungsgebiet die gleichzeitigen Sedimente nicht nur petrographisch ganz anders zusammengesetzt sind, sondern dass sie auch sehr abweichende Versteinerungen enthalten. Durch die Geologen Wiens, Münchens und der Schweiz wurden diese Thatsachen über allen Zweifel erhoben, und zugleich wurde durch sie das räthselhafte Dunkel aufgehellt, welches bis dahin, z. Th. unter dem Einfluss jener Vorurtheile, über den inneren Bau der Alpenkette verbreitet war. Andere Beispiele folgten nach, und jetzt wissen wir, dass jede Sedimentärformation mit den ihr eigenthümlichen Erscheinungen nur ein beschränktes Verbreitungsgebiet einnimmt, während sie darüber hinaus durch gleichzeitige Ablagerungen von ganz anderer petrographischer Zusammensetzung, und oft auch von sehr abweichendem paläontologischen Charakter vertreten wird.

Es wird dadurch eine Trennung der geologischen Zeiteintheilung von der Unterscheidung bestimmter Formationen durchaus nöthig, da offenbar mehrere Formationen ein und derselben geologischen Periode angehören, so dass man nicht mehr eine Formation als den alleinigen Repräsentanten einer Periode ansehen kann, wenn man auch immerhin die Perioden nach den zuerst und am besten erkannten Formationen benennen mag.

Schon die gegenwärtige beschränkte Verbreitung aller gleichzeitigen Ablagerungen, wie aller lebenden Thier- und Pflanzenspecies, hätte zu dieser Vermuthung führen können, aber man hielt die Vorwelt für eine von der Jetztwelt durchaus verschiedene, für einen Zeitraum, in welchem möglicherweise ganz andere Naturgesetze geherrscht haben könnten. Das war in der That, wenn wir aufrichtig sein wollen, ein sonderbares Vorurtheil.

Die geologischen Vorgänge und Bildungen der Gegenwart hatte man vor Lyell und v. Hoff kaum einer grossen Beachtung werth gehalten, während ersterer nun zu

zeigen versuchte, dass sie im Wesentlichen ausreichen um den inneren Bau der Erde zu erklären, wenn man nur mit der Zeit nicht geizt, wozu in der That gar keine Veranlassung vorhanden ist, denn die Ewigkeit liegt ebenso gut hinter uns als vor uns. Lyell's sorgfältige Untersuchung der tertiären Ablagerungen zeigte klar, dass darin noch lebende Species mit ausgestorbenen gemischt auftreten, und dass das Verhältniss der lebenden zu den ausgestorbenen ganz allmälig um so grösser wird, je mehr man sich von den untersten Tertiärbildungen den oberen, und endlich den Ablagerungen der Neuzeit nähert; dergestalt, dass eigentlich gar keine scharfe Grenze zwischen Vorwelt und Jetztwelt zu ziehen ist. Auf dieses Verhältniss zwischen lebenden und ausgestorbenen Species gründet sich die jetzt sehr allgemein angenommene Eintheilung in pliocän, miocän und eocän, welche gar nichts mit der besonderen mineralogischen oder petrographischen Beschaffenheit der localen Formation zu thun hat, sondern lediglich eine ungefähre geologische Zeiteintheilung darstellt.

Wohl noch unter dem Eindruck der früheren Ansichten suchte Lyell diese Abschnitte zuerst durch Zahlenverhältnisse festzustellen, die bestimmten localen Ablagerungen entlehnt waren, während es in der Natur der Sache liegt, dass solche bestimmte Zahlenverhältnisse keine allgemeine Geltung haben können.

Ein ähnliches Gesetz des allmäligen Artenwechsels gilt sicher auch für alle älteren Zeitperioden, und auch zwischen den Ablagerungen derselben liegen keine allgemeinen, sondern nur local bestimmte Grenzen, wie in der grossen tertiären Periode. Der Hauptunterschied besteht blos darin, dass in den vortertiären Ablagerungen gar keine lebenden Species gefunden werden, sondern nur ausgestorbene.

Wir können den Artenwechsel in den vergangenen Perioden am passendsten dem gegenwärtigen Wechsel der Individuen einer Art vergleichen. Es ist gleichgiltig welche Species wir dazu wählen, aber beim Menschen tritt die Erscheinung besonders deutlich hervor, weil jedes Individuum seinen beson-

deren Namen erhält. Vor einem Jahre lebte bereits die überwiegende Mehrzahl der Menschen welche jetzt leben, der Unterschied der Bevölkerung ist kaum bemerkbar; zwei Jahre zurück ist er schon etwas grösser; vor 50 Jahren war die menschliche Bevölkerung überwiegend aus anderen Individuen zusammengesetzt als heute; vor 100 Jahren existirte nur eine sehr kleine Zahl von den Menschen der Gegenwart, vor 200 Jahren aber lebte sicher noch nicht ein einziger von unseren Mitmenschen; — ganz ebenso wird sich im Grossen die Sache in Zukunft verhalten, nur mit dem einzigen Unterschied, dass die Gesammtzahl der Menschen dann wahrscheinlich etwas grösser ist als jetzt. So verlaufen alle Generationen unmerklich in einander, und es ist unmöglich, scharfe Abschnitte für dieselben zu bezeichnen, da alle Tage Menschen geboren werden und andere sterben. Man kann nur sagen, der vollständige Individuenwechsel ist beim Menschen in etwas mehr als 100 Jahren eingetreten. Dieser Zeitraum ist aber sehr ungleich für die Individuen der einzelnen Thier- und Pflanzenspecies; er beträgt bei manchen Thieren nur 1 Jahr, bei manchen Pflanzen über 1000 Jahre. Gerade so scheint es sich mit den nach einander auftretenden Species verhalten zu haben, nur waren die Zeiträume ihrer Existenz sehr viel grösser. Local mag der Prozess des Aussterbens — oder besser der Umgestaltung — der Arten zuweilen durch besondere locale Naturereignisse beschleunigt worden sein, wie der der Individuen durch ansteckende Krankheiten; im Allgemeinen aber blieb er ein gleichmässiger.

Dabei zeigt sich indessen ein steter Fortschritt auch der organischen Entwickelung vom Einfacheren zum Mannigfaltigeren, vom Niederen zum Höheren, und vom Fremdartigen zum Gewohnten, dessen Hauptursache wir in der steten Summirung von Resultaten aller Vorgänge zu suchen haben. Dieses Entwickelungsgesetz habe ich im VI. Abschnitt ausführlich besprochen.

Der ganze Verlauf der Erdgeschichte gleicht einigermaassen dem Verlauf der Geschichte, welche man, als den Menschen betreffend, vorzugsweise so zu nennen pflegt. Auch

in ihr fehlen scharfe und allgemeine Abschnitte, der Fortschritt ist local ein ungleicher; selbst die wichtigsten Entdeckungen, Geisteswandlungen oder Ereignisse ergreifen gleichzeitig nur ein beschränktes Gebiet, von dem sie langsam über die Nachbargebiete ausschwingen, jetzt freilich schneller als sonst. Ehe sich ihre Wirkungen über das ganze Erdenrund ausdehnen, bedarf es zuweilen Jahrhunderte oder Jahrtausende, wie am deutlichsten die Verbreitung des Christenthums lehrt. Die Zeiträume in welche der Forscher die Menschengeschichte theilt, sind mehr oder weniger willkürlich auf locale Vorgänge begründet, wie die der Geologen; die hervorragenden Männer, die Träger neuer Ideen sind wesentlich selbst das Resultat, nicht die Schöpfer ihrer Zeit, so wie die Leitmuscheln nur die locale Herrschaft einzelner Species darstellen, deren Ueberwuchern durch die Umstände bedingt war.

Selbst die Grenze zwischen der Zeit die man die historische zu nennen pflegt und derjenigen, welche man der sogenannten Vorwelt überweist, schob sich immer weiter zurück und wurde immer unbestimmter, je genauer man sie untersuchte. Will man sie an den Zeitpunkt setzen, bis zu dem geschichtliche Nachrichten zurückreichen, so ist sie für die einzelnen Länder eine sehr ungleiche, und überall verliert sich ihr Anfang in das Dunkel der Tradition; will man sie dagegen da ziehen, wo der Mensch die Erde zuerst betrat, so haben die neuesten Forschungen gelehrt, dass eine solche historische Zeit jedenfalls um viele Jahrtausende über diejenige zurückgehen würde, aus welcher in irgend einem Lande Nachrichten, oder auch nur unsichere Traditionen vorhanden sind. Es unterliegt keinem Zweifel mehr, dass Europa, gleichzeitig mit ausgestorbenen Elephanten und Rhinozerossen, mit Löwen und Höhlenbären, bereits von Menschen bewohnt wurde, und es scheint sogar, dass bereits Menschen existirten, bevor das Meer den Canal zwischen Frankreich und England durchbrochen hatte. Würde letzteres erwiesen, dann handelte es sich nicht mehr um Jahrtausende, sondern um viel grössere Zeiträume, für die es aber allzu gewagt sein würde, sie in Zahlen auszudrücken.

Digitized by Google

Kurz nach diesen wichtigen Entdeckungen über das Alter des Menschengeschlechts wurde auch das thierische Leben um einen unermesslichen Zeitraum weiter zurück verfolgt, indem man tief unter den silurischen und cambrischen Ablagerungen, zwischen krystallinischen Schiefern, Reste von Foraminiferen — *Eozoon* — auffand, zwischen denen bis dahin allerdings schon Graphitlager bekannt waren, die der Substanz nach wahrscheinlich von Pflanzenresten herrühren.

Was die Entstehung und den Untergang der Species betrifft, so ist dieser Vorgang erst in allerjüngster Zeit durch die Forschungen Ch. Darwin's in ein neues Licht gestellt worden. Bis dahin hatte man den Knoten nur zu durchhauen versucht, statt ihn zu lösen. Keine Theorie entspricht aber besser den geologischen Thatsachen, als die höchst langsame Entwickelung der Species, Genera, Ordnungen und Classen, durch stete Umgestaltung aus einem möglichst einfachen Anfang. Ueber das Unbegreifliche des ersten Anfanges kommen wir damit freilich auch nicht hinweg.

Mehr und mehr sind auch Astronomie, Physik und Chemie in innige Beziehung zur Geologie getreten. Nicht nur die Formen und Bahnen der Weltkörper lassen sich denen der Erde vergleichen, auch ihre Substanz entzieht sich nicht mehr vollständig der Untersuchung. Diese wird möglich durch Spectralanalysen und durch greifbare sogenannte Meteoriten. Berechenbare Aenderungen welche in unserem Sonnensystem periodisch eintreten, stellen für geologische Vorgänge einen Zeitmaassstab in, wenn auch noch ferne Aussicht; in Verbindung mit dem Wechsel der Erdoberflächengestaltung dienen sie bereits zur Erklärung auffallender Klimaänderungen.

Nachdem die Abplattung der Erde hinreichend festgestellt, und mit der Entstehung unseres Planeten in bestimmte Beziehung gebracht war, ergaben fortgesetzte genauere Gradmessungen gewisse andere Abweichungen von der regelmässigen Form die noch nicht erklärt sind. Die jetzt in Ausführung begriffene mitteleuropäische Gradmessung verspricht über die wahre Gestalt des Erdsphäroides genauere Aufschlüsse und durch die

damit verbundenen anderen Messungen wird sich hoffentlich zeigen welche Beziehungen zwischen den Abweichungen von der regelmässigen Form und dem inneren Bau des Erdkörpers bestehen, Probleme die zuerst von Biot angeregt wurden, und deren Lösung jetzt durch den Plan des General Bayer angestrebt wird.

An dem Einfluss endlich, welchen der Fortschritt aller Naturkenntniss auf Poesie und Philosophie ausübt, nimmt auch die Geologie ihren gebührenden Antheil, und empfängt dafür neuen Reiz und kritischen Geist.

Ich habe in diesem kurzen Rückblick auf die Fortschritte der Geologie nicht die zahllosen Einzelheiten erwähnen können, welche nach und nach aufgehellt und festgestellt worden sind; noch weniger konnte ich alle die einzelnen Arbeiter nennen, welche Wichtiges leisteten. Etwas ausführlicher, und mit einigen unvermeidlichen Wiederholungen, werden die nachfolgenden Abschnitte den gegenwärtigen Zustand der Geologie besprechen.

Unverkennbar ist es, dass die Geologie seit Werner's Zeit ausserordentlich schnell sich entwickelt hat; es gilt aber Gleiches für diese Periode von allen Naturwissenschaften, die gegenseitig sich förderten. Darum war das auch die Periode ungewöhnlich vieler und wichtiger technischer Erfindungen, welche sich auf die Entdeckungen, überhaupt auf den Fortschritt der Naturwissenschaften gründen. Wird nun diese Entfaltung neuer Kräfte und Hülfsmittel für die Wohlfahrt der Menschheit auch in Zukunft gleichmässig fortschreiten? — Die Ausbildung der Naturwissenschaften gehört überhaupt erst der Neuzeit an, sie ist charakteristisch für unser Jahrhundert, und der Begriff eines Naturforschers in unserem Sinne ist kaum hundert Jahre alt. Aber jede Wissenschaft erreicht nach rascher Anfangsentwickelung ein Stadium, in welchem ihr Gegenstand bis zu einem gewissen Grade geordnet oder erschöpft ist, wo allgemeine und umgestaltende Entdeckungen seltener werden, wo vorherrschend nur noch das Einzelne genauer erkannt

Google

wird. Dieses Stadium hatte die Geographie so ziemlich schon mit der Entdeckung Australiens erreicht. Es scheint fast, dass die Mineralogie und die Geologie in dasselbe Stadium eingetreten sind.

Auch in der Geologie hat sich an die Ausbildung der Wissenschaft als solche sehr bald ihre praktische Anwendung im Leben angeschlossen, oder vielmehr, beide haben sich gegenseitig gefördert. Der Bergbau war es ganz besonders welcher zur Ausbildung der Geologie beitrug, während er als Gegenleistung von ihr guten Rath erwartete und oft auch erhielt. So ist es gekommen, dass die Geologie eine Zeit lang ganz vorzugsweise von Bergleuten cultivirt wurde, und Freiberg kann, wie schon bemerkt, sich rühmen, dass in seinen Mauern der erste zusammenhängende Vortrag über Geologie gehalten wurde. Aber der Einfluss dieser Wissenschaft griff weiter und weiter um sich; sie dient nicht mehr allein, um Kohlen, Salz oder Erze aufzufinden und in ihren unterirdischen Lagerstätten zu verfolgen, mehr und mehr greift sie auch in die Gesammtheit des Volkswohles ein, und ich glaube in meinem Buche über den Einfluss des Bodenbaues auf das Leben — welches sich speciell mit „Deutschlands Boden" als Beispiel beschäftigt — gezeigt zu haben, dass der geologische Bau der Länder in einiger Beziehung zu der allgemeinen Entfaltung des Lebens auf ihrer Oberfläche steht, und dass auch das letzte und höchste Glied in der langen Entwickelungsreihe des organischen Lebens — der Mensch — immer noch einigermaassen abhängig ist vom inneren Bau des Landes welches er bewohnt.

I.

DIE GESTEINE.

Allgemeines. — Erstarrungs- oder Eruptivgesteine. — Sedimentärgesteine. — Metamorphische Gesteine.

Allgemeines.

Es gab eine Zeit in der man glaubte, alle die Mineralaggregate aus denen die feste Erdkruste besteht, liessen sich als scharf umgrenzte Species von einander unterscheiden, und nach einiger Uebung nicht nur verhältnissmässig leicht bestimmen, sondern man müsse auch überall aus ihrer Beschaffenheit erkennen können, wie und wann sie entstanden. Diese Zeit ist vorüber; wir können die Gesteine nicht mehr wie Mineralspecies behandeln, sondern wir müssen sie nach anderen, ihrer ungleichen Entstehungsweise entsprechenden Principien untersuchen, unterscheiden, ordnen und womöglich auch benennen. Ihre Entstehungsart und ihr Alter lässt sich aus ihren Lagerungsverhältnissen beurtheilen, ihre Beschaffenheit an sich gewährt aber in dieser Beziehung nur unsichere Haltpunkte, die allerdings von Vielen noch sehr überschätzt werden.

Alle Gesteine sind Mineralaggregate, verschieden nach ihrer mineralischen Zusammensetzung und ihrem chemischen Gehalte, sowie nach ihrer Textur. Einige bestehen wesentlich nur aus einer Mineralsubstanz, andere aus Verbindungen (Gemengen)

Digitized by Google

von mehreren Mineralien, und in beiden gesellen sich zu den wesentlichen oder ganz vorherrschenden Bestandtheilen, in der Regel noch einige untergeordnete, sogenannte accessorische, die aber zuweilen neuerer Entstehung sein mögen als die Hauptmasse.

Da sich gleiche oder mindestens höchst ähnliche Mineralverbindungen an vielen Orten der Erde, und gewöhnlich unter ähnlichen Umständen (Lagerungsverhältnisse) wiederholen, so hat man diese als bestimmte Gesteinsarten unterschieden und benannt, wie z. B. Granit, Basalt, Kalkstein u. s. w. Sie bilden aber weder Individuen noch Species, dagegen vielfache Uebergänge in einander, und an sie reihen sich allerlei abweichende Modificationen an, die seltener vorkommen, und die offenbar nur unter ganz besonderen Umständen entstehen konnten. Es lassen sich daher unstreitig einige sehr charakteristische uud überall sehr ähnlich wiederkehrende Mineralverbindungen als bestimmte Gesteine hervorheben und ziemlich scharf charakterisiren, an die sich dann aber zahlreiche besondere Abweichungen anschliessen, die theils ursprünglich verschieden waren, theils erst durch allerlei Umwandlungen verschieden geworden sind. Von einer streng systematischen Anordnung der Gesteine muss unter diesen Umständen ganz abgesehen werden; man kann nur mehr oder weniger das Verwandte in Gruppen vereinigen, die in einander verlaufen, und die sich schon wegen ihrer ungleichen Entstehungsweise nicht nach einem gleichmässigen Princip an einander reihen lassen. Nach ihrer äusseren Erscheinung sind oft chemisch oder mineralogisch ganz gleiche Gesteine einander sehr unähnlich, und wesentlich verschiedene sehr ähnlich.

Zur Unterscheidung, auf welche die Benennung sich gründete, benutzte man wesentlich die verschiedene Textur und die verschiedene mineralogische Zusammensetzung, bald das eine, bald das andere dieser Kennzeichen vorherrschend. So ist es gekommen, dass mineralogisch gleiche Gemenge ganz verschiedene Namen erhalten haben, wie z. B. Granit und Gneiss, und mineralogisch ungleiche zuweilen denselben Namen,

weil man ihre ungleiche Zusammensetzung nicht erkannte, wie Basalt, der theils Labrador, theils Nephelin enthält, oder wie Aphanit, der ebenfalls den dichten Zustand mehrerer ungleich gemengter Gesteine darstellt.

Hierzu kam aber noch, dass eine ziemliche Zahl blosser Uebergangsstadien — Gradationen im Zustand derselben Masse — ebenfalls besondere Namen erhielt, wie z. B. Schieferthon und Thonschiefer.

Die genaue chemische und mikroskopische Untersuchung ist erst später zu Hülfe genommen worden, als die Mehrzahl der Gesteine schon bestimmte Namen erhalten hatte. Dadurch haben sich aber ganz neue Verschiedenheiten und Uebereinstimmungen ergeben, die früher nicht berücksichtigt werden konnten. Aus dem Allen geht hervor, wie einseitig und z. Th. oberflächlich oder willkührlich ein Theil der üblichen Unterscheidungen und Benennungen von Gesteinen sein muss. Deshalb nun aber alle aufzugeben und eine ganz neue Trennung und Nomenclatur einführen zu wollen, würde nicht nur voreilig, sondern wahrscheinlich auch unausführbar sein, wozu noch kommt, dass denn doch die meisten der üblichen Unterscheidungen zugleich wirklich auf geologischen Gründen beruhen, die in diesem Falle sicher ebenfalls ihren grossen Werth haben. Weder die mit dem unbewaffneten Auge oder unter dem Mikroskop erkennbare mineralogische Zusammensetzung, noch das Resultat der chemischen Analyse, noch die Textur sind allein entscheidend; auch die Lagerungsverhältnisse, die Art des Vorkommens, woraus man auf die Art der Entstehung zu schliessen berechtigt ist, sind zu berücksichtigen, und noch zur Zeit hat sich keine ganz befriedigende Uebereinstimmung aller dieser Momente ergeben. Wäre das der Fall, dann könnte allerdings eine totale Umgestaltung der Trennung und Benennung geboten sein. Für jetzt können chemische und geologische Gründe nur zu gewissen allgemeinen Gruppirungen veranlassen. Möglichst scharfe Unterscheidung und Bestimmung des Einzelnen mag sich damit vertragen. Zur Gruppirung im Grossen eignet sich ganz entschieden am meisten die ungleiche

Art der Entstehung, in so weit sich diese sicher nachweisen lässt. Kennt man diese auch noch nicht für jeden einzelnen Fall, so kennt man sie doch im Allgemeinen völlig sicher. Das Zweifelhafte kann man dann den Hauptgruppen als noch problematisch zurechnen.

Nach der Entstehungsart zerfallen alle Gesteine in zwei Hauptgruppen:

1. Erstarrungsgesteine, meist eruptiv, und
2. Sedimentärgesteine, meist durch Wasser abgelagert.

   Andere Entstehungsarten von Gesteinen sind weder bekannt noch wahrscheinlich. Aber das zuerst Entstandene ist zuweilen sehr stark, ja bis zur Unkenntlichkeit umgewandelt, und hieraus ergiebt sich als dritte Gruppe die der

3. Metamorphischen Gesteine.

Das ist zugleich eine chronologische Reihenfolge; zuerst konnten, nach der herrschenden Ansicht von der Erdbildung, nur Erstarrungsgesteine entstehen, aus ihren Zerstörungsproducten sedimentäre, und aus diesen, seltener auch aus erstarrten, metamorphische. Aber jede Entstehungsart, einmal begonnen, hat bis jetzt fortgedauert; daher giebt es in jeder der drei Gruppen alte und neue Gesteine. Für die Beobachtung gestaltet sich das Verhältniss z. Th., wie wir sehen werden, sogar fast umgekehrt, das heisst, die metamorphischen erscheinen durchschnittlich als die ältesten.

Die Erstarrungsgesteine lassen sich geologisch wieder trennen in vulkanische und plutonische; man kann sie demnach als Vulkanite und Plutonite unterscheiden, ich meine aber nicht ganz in dem Sinne, welchen Scheerer, der die letzteren Worte einführte, damit zu verbinden scheint, sondern in dem längst und allgemein eingeführten: je nachdem sie an der Oberfläche oder in der Tiefe zur Erstarrung gelangt sind. Dann lassen sich beide wieder chemisch unterscheiden in Basite und Acidite, d. h. kieselsäurearme und kieselsäurereiche, also nach ihrem chemischen Zustand.

Das giebt für sämmtliche Erstarrungsgesteine, sowohl für

die einer ersten Kruste, als für die späteren eruptiven, folgendes Schema:

Vulkanite { basische, z. B. Basalt.
acide, z. B. Trachyt.

Plutonite { basische, z. B. Syenit.
acide, z. B. Granit.

Scharfe Grenzen sind aber zwischen allen diesen Gruppen nicht vorhanden, und wir können das ganze Schema eben so gut so stellen:

Basite { vulkanische.
plutonische.

Acidite { vulkanische.
plutonische.

Wohin die zuerst erstarrte Erdkruste gehört, ob zu den Basiten oder Aciditen, ist nicht bestimmbar, weil wir sie nicht mit Sicherheit kennen; dem Begriffe nach wäre sie vulkanisch zu nennen, aber eine viel dichtere Atmosphäre kann ihr einen plutonischen Charakter verliehen haben. Mit Sicherheit kennen wir nur eruptive Erstarrungsgesteine, und ihre grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinung beruht wesentlich auf ungleicher Textur, ungleicher Mineralzusammensetzung und nachträglicher Umwandlung, viel weniger auf chemischer Ungleichheit.

Die sedimentären Gesteine mit Ausnahme der hier nicht zu berücksichtigenden räumlich sehr beschränkten Ablagerungen aus Solutionen in Spalten und dergleichen, welche man hydroplutonische nennen könnte, sind alle an der Oberfläche des Festen entstanden; von anderen Gesteinen konnten sie erst nach ihrer Entstehung bedeckt werden. Für sie, als wesentliche Bestandtheile der festen Erdkruste, fällt daher ein dem vulkanisch und plutonisch entsprechender Bildungsunterschied ganz weg. Dafür treten Umwandlungsstadien ein, welche allmälig bis zu den metamorphischen Gesteinen führen, so dass man allenfalls, und nur in gewisser Beziehung, die unveränderten sedimentären den vulkanischen, und die stark veränderten metamorphischen den plutonischen vergleichen könnte.

Die chemische Zusammensetzung der Sedimentärgesteine ist ebensowohl das Resultat mechanischer Aufbereitung, als das ungleicher Lösbarkeit und des chemischen Verhaltens der Bestandtheile; darum bietet sich für sie keine chemische Gruppirung wie für die Erstarrungsgesteine, wir können sie aber unterscheiden in:

Thonreiche, z. B. Schieferthon und Thonschiefer.
Kieselreiche, z. B. Quarzsandstein und Kieselschiefer.
Kalkreiche, z. B. Kalkstein und Dolomit.

Hieran reihen sich als weniger verbreitet:

Eisenreiche, Eisensteine.
Kohlenreiche, Kohlen.
Salze, z. B. Steinsalz.

Eine Eintheilung nach der besonderen Art der Ablagerung würde viel zu sehr das Gleichartige trennen und das Ungleichartige vereinen. Wollte man z. B. mechanische Ablagerungen, rein chemische Niederschläge, vegetabilische und animalische Gesteinsbildungen trennen, so würden die Kalksteine sich in dreien dieser Abtheilungen wiederholen, und in diesen würden sie mit den kieselreichen zusammentreffen. Scharfe Grenzen bieten freilich die hier aufgestellten Gruppen auch nicht dar, zwischen oder neben ihnen müssen wir auch noch die Mergel, Conglomerate, Breccien, vulkanischen Tuffe u. s. w. unterscheiden und unterbringen, sowie als Resultate sehr starker Umwandlung der ersten zwei Gruppen viele krystallinischen Schiefer.

Die metamorphischen Gesteine, in so fern sie eine geologische Gruppe bilden, lassen sich am passendsten trennen in

Krystallinische Schiefer und
Untergeordnete Einlagerungen

zwischen diesen.

Die letzteren, die untergeordneten Einlagerungen, wird man grösstentheils passender bei den weniger veränderten Sedimentärgesteinen unterbringen, zu denen sie gehören, so die körnigen Kalksteine und Dolomite, die Eisensteine, die Graphite u. s. w.

Es versteht sich ganz von selbst, dass die Abgrenzung der metamorphischen Gesteine als besondere Gruppe am schwierigsten sein muss. Nach der einen Seite gleichen sie durch ihre Zusammensetzung vollständig gewissen Erstarrungsgesteinen, nach der anderen verlaufen sie ganz allmälig in diejenigen sedimentären, aus denen sie entstanden sind; eine scharfe Grenze zu ziehen bleibt hier oft der individuellen Ansicht oder der Willkühr überlassen. Die meisten Sedimentärgesteine die wir beobachten, befinden sich schon nicht mehr in dem Zustande, in welchem sie abgelagert wurden; sie sind vielmehr fast alle in gewissem Grade umgewandelt, so z. B. Thonschiefer, fester Sandstein, dichter Kalkstein, Steinkohle u. s. w., die alle nicht als solche entstanden, sondern erst mit der Zeit das geworden was sie sind, und das Endglied dieser allmäligen Umwandlungsreihe bilden für einige derselben die krystallinischen Schiefer mit ihren untergeordneten Einlagerungen von körnigem Kalkstein u. s. w. Wo soll man da eine scharfe Grenze ziehen? Es ist in diesem Falle üblich, den Ausdruck metamorphisch erst dann anzuwenden, wenn sich der ursprüngliche Zustand so wesentlich verändert hat, dass das Resultat ihm kaum noch ähnlich ist.

Dergleichen Schwierigkeiten machen aber die Eintheilung in obige Gruppen nicht überhaupt unausführbar, sondern sie lassen nur einzelne Fälle zweifelhaft, während für gewöhnlich die Zutheilung zu der einen oder anderen Gruppe ziemlich leicht ist.

Wenn wir nach dem Ursprung forschen, so ergiebt sich, wie schon bemerkt, dass die Erstarrungsgesteine jedenfalls die ursprünglichsten sind; mit ihnen begann überhaupt die erste Gesteinsbildung; erst aus ihrer theilweisen Zerstörung konnte das Material für die ersten Sedimentärgesteine hervorgehen, und aus diesen erst konnten durch Umwandlung die metamorphischen krystallinischen Schiefer werden. Diese Ableitung der einen aus den anderen bestimmt nun aber nicht etwa das relative Alter der Gesteine im einzelnen Falle, da alle drei Prozesse — die doppelte Gesteinsbildung und die

Umbildung — von dem Zeitpunkte an in welchem sie neben einander thätig waren, unausgesetzt fortgewirkt haben bis jetzt, so dass von da an in allen Zeiten Erstarrungsgesteine, Sedimentärgesteine und metamorphische Gesteine entstanden. Unserer Beobachtung zeigen sich natürlich die metamorphischen Gesteine in der Regel als die ältesten, älter als die sedimentären, weil sie vorzugsweise durch Umwandlung der untersten sedimentären entstanden, und nothwendig auch älter als die eruptiven, von denen sie durchsetzt wurden; unter ihnen, und älter als sie, würden nur die Resultate der ersten Erstarrung zu erwarten sein, die wir noch nicht sicher als solche zu unterscheiden vermögen.

Es würde die Einfachheit der Darstellung viel zu sehr beeinträchtigen, wenn ich darin G. Bischof's abweichende Ansichten über Gesteinsbildung berücksichtigen wollte, ich habe es daher vorgezogen, diese später in einem besonderen Abschnitt zu besprechen.

Erstarrungsgesteine oder Eruptivgesteine.

Betrachten wir jetzt zunächst die Erstarrungsgesteine etwas näher. Die welche wir sicher als solche erkennen, sind Eruptivgesteine, d. h. solche, die eine schon vorhandene Erdkruste durchbrochen haben. Es ist sogar noch unsicher, ob sich Ueberreste einer ersten Erstarrungskruste bestimmt nachweisen lassen; dieselbe kann möglicherweise unter starker Bedeckung grösstentheils oder vollständig wieder eingeschmolzen sein, so dass ihr Material eruptiv wurde; wir wissen das nicht, da der Gneiss, der am wahrscheinlichsten von solcher Erstarrung herrühren könnte, z. Th. entschieden eruptiver, z. Th. metamorphischer Entstehung ist, z. Th. aber auch wirklich die erste Erdkruste darstellen kann, ohne dass sich scharfe Unterschiede für diese Bildungsarten nachweisen lassen. Wir können daher die uns sicher als solche bekannten Erstarrungsgesteine allgemein Eruptivgesteine nennen.

Es versteht sich von selbst, dass die Entstehung durch Erstarrung nicht die Anwesenheit von Wasser in chemisch verbundenem Zustande ausschliesst. Zahlreiche Gründe sind neuerlich für einen solchen mit Wasser verbundenen heissflüssigen Zustand des Erdinneren angeführt worden. Da aber nach der Ansicht Anderer der Wassergehalt erst später eingedrungen ist, so betrachte ich diese Frage als eine offene, zu deren gründlicher Beurtheilung ich mich nicht berufen fühle, und von diesem Gesichtspunkte aus sind alle nachfolgenden Erörterungen aufzufassen.

Im heissflüssigen Erdkörper war offenbar der grössere Theil der Stoffe, aus denen unser Planet besteht, vereinigt, und es ist kein Grund ersichtlich, warum diese Vereinigung in gleichem Niveau eine local ungleiche gewesen sein sollte. Nur das ungleiche specifische Gewicht könnte die schweren Elemente oder Verbindungen mehr gegen die Mitte, die leichteren mehr gegen die Oberfläche hin vereinigt haben, in so fern dem nicht die chemische Attraction entgegenwirkte.

Unter den sehr verbreiteten Grundstoffen gehören Silicium und Aluminium (sowie Kieselerde und Thonerde) zu den leichtesten, Eisen zu den schwersten. Es ist daher wohl denkbar, dass die Erdoberfläche von Anfang an kiesel- und thonreicher, das Centrum eisenreicher war als die Gesammtmasse. Eine solche Sonderung würde sich aber doch erst bei grossem Tiefenunterschied deutlich wahrnehmbar machen. Für den Niveauunterschied, auf welchen uns alte und neue Eruptionen zu schliessen berechtigen, scheint sie kaum nachweisbar, denn unter den neuesten, also vermuthlich aus grösster Tiefe kommenden Eruptivgesteinen (den Laven), finden sich eben so viel kieselreiche als unter den ältesten, und unter den ältesten finden sich schon einige ziemlich basische oder eisenreiche. In dieser Fassung ist das sicher richtig, während es vielleicht unrichtig sein würde, zu behaupten: die ältesten Erstarrungsgesteine seien durchschnittlich eben so basisch (oder eisenreich) als die neueren und neuesten; denn wenn man den meisten Gneiss zu den Erstarrungsgesteinen rechnet, dann mag es so

scheinen, als wenn der Kiesel- und Thongehalt mit der Zeit ab-, der Eisen-, Kalk- und Talkgehalt dagegen etwas zugenommen habe. Jedenfalls kann der nachweisbare Unterschied nur sehr gering sein, und da in allen geologischen Perioden sowohl Basite als Acidite eruptiv geworden sind, so wird dadurch deren Verschiedenheit nicht genügend erklärt.

Ueberhaupt könnte man eigentlich erwarten, dass alle Eruptivgesteine, oder wenigstens alle die aus denselben Tiefen kommen, auch dieselbe Zusammensetzung hätten. Im Allgemeinen, und qualitativ, ist das auch wirklich der Fall. Sie bestehen ohne Ausnahme wesentlich aus Kieselerde, Thonerde, oxydirtem Eisen, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron, oft mit etwas Wasser. Alle anderen Bestandtheile derselben sind dagegen als unwesentlich anzusehen, und ihre nicht ganz gleiche Vertheilung kann von mancherlei Nebenumständen abhängen. Die quantitativen Verhältnisse dieser Bestandtheile aller Eruptivgesteine sind aber durchaus nicht gleich; es schwanken dieselben vielmehr zwischen folgenden Procentzahlen, wobei 1 nur ein Minimum ausdrückt:

Kieselsäure . .	45	bis	80.
Thonerde . .	10	„	20.
Eisenoxydul . .	1	„	10.
Kalkerde . . .	1	„	10.
Talkerde . . .	1	„	6.
Kali	1	„	6.
Natron . . .	1	„	6.

Diese Schwankungen vertheilen sich in zwei Gruppen, welche sich besonders durch ihren ungleichen Kieselsäuregehalt unterscheiden, und die man deshalb als Basite und Acidite unterscheiden kann. Für diese stellen sich die Unterschiede ungefähr so:

	Basite.	Acidite.
Kieselsäure . . .	45—60	60—80.
Thonerde . . .	10—20	8—16.
Eisenoxydul . . .	1—10	1—10.
Kalkerde	1—10	1—15.
Talkerde	1— 6	0— 6.
Kali	1— 4	1— 6.
Natron	1— 5	1— 6.

Scharfe Grenzen sind auch zwischen diesen beiden Gruppen nicht vorhanden, für die Mehrzahl der untersuchten Fälle macht aber allerdings der Kieselsäuregehalt einen Sprung. Der niederste Werth desselben ist in obiger Zusammenstellung wahrscheinlich schon Folge von Verwitterung. Das Eisen ist alles als Oxydul angenommen, in den Aciditen wird es ursprünglich kieselsaures Oxydul gewesen sein. 0 — 8 Procent Wasser ist ausserdem entweder chemisch gebunden, oder als Ausfüllung mikroskopischer Poren vorhauden.

Basite und Acidite kann man hiernach unterscheiden, vielleicht auch noch bestimmte Silicirungsstufen. Die einzelnen, durch den Gebrauch von einander getrennten und ungleich benannten Gesteine lassen sich aber durch ihre chemische Zusammensetzung nicht unterscheiden. Für sie verlaufen die Zahlenwerthe in einander, wie es für Mineraliengemenge, deren quantitatives Verhältniss für die einzelnen Mineralien nicht constant ist, gar nicht anders zu erwarten war. Nicht ein einziges eruptives Gestein lässt sich aus der blossen Analyse erkennen und von allen anderen unterscheiden; um das möglich zu machen, müsste erst eine ganz neue Sonderung und Benennung nach chemischen Principien erfolgen, die aber dann nicht mit den Kennzeichen der mineralogischen Zusammensetzung, der Textur und der Lagerungsverhältnisse übereinstimmen würden.

Aus quantitativ gleicher Zusammensetzung sind unter ungleichen Umständen verschiedenartige Mineralien auskrystallisirt,

und aus ungleichen Zusammensetzungen zuweilen dieselben. Das war möglich durch die ungleichen Mengenverhältnisse der einzelnen Mineralien. Sowohl die Ungleichheit der elementaren Zusammensetzung als die Ungleichheit der Erstarrungsumstände haben die Entwickelung ungleicher Mineralien desselben Stoffgemenges bedingt, z. Th. wohl auch nachträgliche Umbildungen.

Die Mineralien welche als wesentliche Gemengtheile eruptiver Gesteine auftreten, sind überhaupt folgende:

1. Feldspath, verschiedene Species.
2. Quarz.
3. Glimmer, verschiedene Species.
4. Amphibol, verschiedene Species.
5. Pyroxen, verschiedene Species.

An sie reihen sich als minder häufig und wesentlich, zuweilen als Stellvertreter, die folgenden an:

6. Nephelin.
7. Leucit.
8. Olivin.
9. Granat.
10. Turmalin.
11. Chlorit.
12. Talk.
13. Magneteisenerz.
14. Kieselsaures Eisenoxydul.

Was sonst noch accessorisch in eruptiven Gesteinen vorkommt, können wir als ganz unwesentlich, oder als secundär bezeichnen, und secundär mag sogar ein Theil der hier genannten Mineralien sein.

Man hat bisher stets die erkennbar ungleiche mineralische Zusammensetzung als Hauptgrund für Unterscheidung der Gesteine verwendet, nächst dieser aber auch den ungleichen Zustand der Masse, die Textur. Eine Menge üblicher Gesteinsunterscheidungen beruhen geradezu nur auf Texturunterschieden bei mineralogisch und chemisch gleicher Zusammensetzung. Die Textur aber ist bei den Erstarrungsgesteinen in den meisten Fällen wesentlich ein Resultat der besonderen Abkühlungsweise

oder besonderer Einwirkungen während der Abkühlung. Fast jedes Mineralgemenge kann daher krystallinisch, körnig, porphyrartig, dicht oder blasig auftreten, einige auch noch glasartig, sphäroidisch und schiefrig. Wir wissen, dass die ersteren dieser Zustände Folgen der langsameren oder schnelleren Erkaltung sind, daher einigermaassen abhängig von der mehr oder weniger plutonischen Entstehung.

Endlich sind auch noch einige unverkennbare Umwandlungsstadien selbst bei eruptiven Gesteinen die Ursache der Trennung und besonderen Benennung geworden, so z. B. im Extrem Wacke und Mandelstein. Ein echter Mandelstein mit ausgefüllten Blasenräumen kann natürlich nie als solcher entstanden sein.

Soll man nun etwa, — ich muss nochmals darauf zurückkommen — weil die Gründe der bisherigen Gesteinsunterscheidung nicht recht harmonisch oder logisch waren, dieselbe ganz aufgeben und eine neue einführen? Soll man, weil die Masse aller Eruptivgesteine wesentlich einerlei ist, sie gar nicht mehr in Arten trennen, oder soll man sie nur nach chemischen Principien, etwa nach Silicirungsstufen, unterscheiden?

Ganz abgesehen von der wahrscheinlich unüberwindlichen Schwierigkeit, welche mit dem Versuche einer vollständigen Beseitigung und Erneuerung der geläufigen Nomenclatur verbunden sein würde, dürfen wir nicht vergessen, dass die üblichen Unterscheidungen, welche vorherrschend auf der besonderen Mineral- und Texturentwickelung beruhen, einen wirklichen geologischen Werth haben, in so fern sie in bestimmten Beziehungen zu den Lagerungsverhältnissen und zu den besonderen Umständen der Bildungsweise stehen. Man würde jetzt, wenn sie noch keine Namen hätten, jedenfalls für viele Gesteine passendere wählen, aber die meisten Unterscheidungen würde man beibehalten, mit dem Bewusstsein, dadurch nicht scharf umgrenzte Species zu bezeichnen, sondern nur ungleiche Erscheinungsformen der Masse.

Eine totale Umgestaltung und Vereinfachung der Gesteinsnomenclatur ist deshalb meines Erachtens, so wünschenswerth

sie auch aus einigen Gründen erscheinen mag, zur Zeit noch nicht geboten, ja sie ist überhaupt nicht rathsam, so lange sie sich nicht auf sehr einfachen und unter sich übereinstimmenden Principien ausführen lässt.

Th. Scheerer hat in der Freiberger Festschrift 1866 versucht, vom rein chemischen Standpunkte die Eruptivgesteine in folgende 9 Gruppen zu bringen, welche bestimmten Silicirungsstufen entsprechen sollen:

1. Oberer Plutonit, umfasst rothen Gneiss, Granit, Granitporphyr, Porphyr, Liparit und Bunsen's Normaltrachyt.
2. Mittlerer Plutonit, dazu gehören einige Granite und mittlere Gneisse, Porphyre, Liparite u. s. w.
3. Unterer Plutonit, grauer Gneiss, einiger Granit, Syenit-Granit, Syenit, Andesit, Liparit, Porphyr u. s. w.
4. Oberer Plnto-Vulkanit, quarzhaltiger Syenit, Trachyt, Porphyr, Amphibol-Andesit, Melaphyr (?) u. s. w.
5. Mittlerer Pluto-Vulkanit, Syenit, Porphyr, Pyroxen- und Amphibol-Andesit, Melaphyr n. s. w.
6. Unterer Pluto-Vulkanit, Melaphyr, Porphyr, Dolerit, Pyroxen-Andesit n. s. w.
7. Oberer Vulkanit, Augitporphyr, Bunsen's Normal-Pyroxengestein, Gabbro-Hypersthenit, Basalt, Leucitporphyr, Diorit, Diabas, Anorthit-Augit und Anorthit-Amphibolgestein n. s. w.
8. Mittlerer Vulkanit, gewöhnlicher Basalt.
9. Unterer Vulkanit, basischer Basalt.

Aus diesem Schema ergiebt sich recht klar, dass die chemischen Verhältnisse der Gesteine nicht mit den bei den Geologen üblichen Trennungen übereinstimmen; da diese nun aber nicht lediglich auf der mineralogischen Zusammensetzung, sondern auch auf den Lagerungsverhältnissen und dem Vorkommen überhaupt beruhen, so muss die Frage entstehen, ob die Silicirungsstufen für das geologische Urtheil entscheidend sein können? Die hier gewählten Bezeichnungen ober, mittel und unter lassen sich aus den Lagerungsverhältnissen, wenigstens

zur Zeit noch nicht rechtfertigen, sie beziehen sich offenbar auf die vermuthete Tiefe des Ursprunges. Ebenso stimmt diese Trennung von plutonisch und vulkanisch nicht mit den üblichen Begriffen überein. Durch diese Bedenken wird indessen die Wichtigkeit der chemischen Untersuchungen keineswegs vermindert. Vorläufig wird man sich daher wohl begnügen müssen, allgemeine Bezeichnungen für ganze Gruppen einzuführen, wie eben Acidite und Basite, Plutonite und Vulkanite.

Da übrigens eine solche, oder auch die rein petrographische Trennung der Gesteine für geologische Zwecke oft nicht genügt, ihr Zusammengehören vielmehr noch besondere Gruppirungen und Benennungen wünschenswerth macht, so sind von Localitäten entlehnte Namen üblich geworden, die nicht ein bestimmtes Gestein, sondern ein locales Vorkommen bezeichnen. Ich nannte zuerst in diesem Sinne die sehr ungleichen aber zusammengehörigen Eruptivgesteine des Banats: Banatite; de Lapparent nannte dann eine Gruppe von Eruptivgesteinen in Südtirol: Monzonit. Diese Namen haben eine andere Bedeutung als etwa Syenit, Timazit, Miascit u. dergl., worunter man bestimmte Gesteine zu verstehen pflegt, die nach einem charakteristischen Fundorte benannt wurden, der übrigens für den Syenit auf einem Irrthum beruhte. Der Teschinit Hohenegger's lässt sich wahrscheinlich jener ersteren Benennungsclasse anreihen, doch wurde der Name ursprünglich nicht in diesem Sinne gewählt.

Für die Beurtheilung des Werthes der üblichen Gesteinsunterscheidungen wird es zweckmässig sein, dieselben zu durchgehen. Ich beginne mit denjenigen Eruptivgesteinen, die wir noch jetzt durch Erstarrung aus einem heissflüssigen Zustande hervorgehen sehen, d. h. mit den Laven.

Lava ist bekanntlich nicht die Benennung für ein bestimmtes Gestein, sondern ein Sammelname für verschiedenartige Mineralverbindungen von ungleicher Textur und ungleicher chemischer Zusammensetzung, deren Gemeinsames darin besteht, dass sie erkennbar aus Vulkanen ausgeflossen und dann zu einem Gestein erstarrt sind.

Die Mehrzahl der Laven besteht vorherrschend aus Feld-

spathsubstanz, mit Beimengungen von Augit, Hornblende, Glimmer, Magneteisenerz, auch wohl mit etwas Olivin u. dergl. In einigen ist aber der Feldspath theilweise oder ganz ersetzt durch Leucit oder Nephelin. Ihre Masse ist dicht, porphyrartig, selten krystallinisch, körnig, ausnahmsweise glasartig, oft blasig. Wenn in einer solchen Lava kieselreicher orthoklastischer Feldspath, wie Sanidin, oder auch ein plagioklastischer Natronfeldspath, wie Oligoklas, ganz vorherrscht, die basischeren Bestandtheile: wie Hornblende, Glimmer oder Augit, nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen, dann nennt man sie Feldspathlava oder Trachytlava und rechnet sie zum Trachyt.

Wenn dagegen ein kalkreicher Feldspath, wie Labrador, oder auch nur überhaupt ein plagioklastischer und kieselsäurearmer Feldspath mit ziemlich viel Augit und Magneteisenerz verbunden ist, so nennt man sie eine Augitlava oder Basaltlava und rechnet sie zum Basalt.

Bei einigen ist auch wohl der Feldspath durch Nephelin oder Leucit vertreten. Labradorbasalt, Nephelinbasalt und Leucitbasalt.

Da haben wir also schon bei den Laven, die noch jetzt durch Eruptionen an die Oberfläche kommen, den Unterschied von kieselsäurereichen und kieselsäurearmen Gesteinen, von Aciditen und Basiten, aber ohne scharfe Grenze. Im Allgemeinen scheinen die ersteren, die aciden Laven, die häufigeren zu sein, während man in Folge einer Anordnung nach dem specifischen Gewicht die letzteren (die basischen) als ganz vorherrschend erwarten müsste; doch ist es allerdings schwierig, darüber eine sichere Schätzung zu veranstalten.

Dieselben Mineralverbindungen, die wir soeben als verschiedenartige Laven kennen gelernt haben, treten mit kleinen Modificationen ihres Zustandes (z. B. der Textur) auch in vielen Gegenden als Gesteine auf, wo gar keine thätigen Vulkane mehr vorhanden sind. Sie bilden dann Basalt- oder Trachytberge mit ihrem Zubehör, oder Gänge zwischen allerlei älteren Gesteinen. Ihre Masse ist wesentlich ganz dieselbe wie die

der Laven, und alle ihre Beziehungen zu den sie umgebenden Gesteinen lassen darauf schliessen, dass auch sie im heissflüssigen Zustande emporgedrängt wurden wie die Laven. Nur die äusseren Kennzeichen der Vulkane fehlen ihnen, die Krater, die lang ausgedehnten Lavaströme und die lockeren Schlackenhüllen.

Nichts liegt näher, als dergleichen meist isolirt stehende Basalt- oder Trachytkegel für die freigespülten inneren Kerne von Vulkanen zu halten. Sind sie das, so stellen sie allerdings schon den in gewissem Grade plutonischen Theil vulkanischer Bildungen dar, die Uebergänge der vulkanischen zu plutonischen. Die Gesteine mögen wir daher untere Vulkanite nennen. Die ihrer echt vulkanischen Hülle beraubten Berge verdanken ihre Kegelform z. Th. erst der Verwitterung und Abrundung durch Abspülung; die noch von Schlacken umhüllten Eruptionsschlünde, aus denen diese Kegel entstanden, besitzen schwerlich solche Kegelgestalt. Diese haben sie wahrscheinlich erst bei der Abspülung erhalten.

Unter den Basiten spielen in diesem untervulkanischen Erstarrungsniveau die Basalte, Dolerite, Nephelindolerite und der Leucitfels die vorherrschende Rolle; an sie reihen sich z. Th. als blosse Modificationen welche besondere Namen erhielten: Anamesit, Tholeiit, Analcimit, Allogovit, Hauynophyr, Nosean-Melanit etc. an. Das sind Gemenge von Labrador oder Leucit oder Nephelin mit Augit und Magneteisenerz, oder auch mit Hauyn und Nosean, während der Analcim in einigen derselben erst ein Product der Umwandlung ist. Einen Theil dieser Gesteine, welche sich durch ihren Gehalt an Leucit, Hauyn und Nephelin auszeichnen und welche oft zusammen vorkommen, hat v. Fritsch vorgeschlagen gemeinsam Tephrite zu nennen. Ganz neuerlich glaubt Zirkel durch mikroskopische Untersuchungen gefunden zu haben, dass die echten Basalte wirklich eine amorphe, wahrscheinlich glasartige Grundmasse zwischen ihren krystallinischen Theilchen besitzen (N. Jahrb. f. Min. 1867, S. 81).

Nach den Untersuchungen A. Stelzner's besteht ein offenbar echt vulkanisches Gestein, welches Dr. Stübel von

St. Vincente auf den Cap-verden mitbrachte, aus krystallinischem Gemenge von Oligoklas, Nephelin und Hornblende; man könnte das Nephelindiorit nennen, obwohl ein solcher Name an plutonische Gesteine anknüpft.

Unter den Aciditen dieser noch ziemlich vulkanischen Abtheilung spielen dagegen die Hauptrolle Trachyt, Trachytporphyr, Perlstein, Obsidian und Bimsstein, an die sich auch noch Domit, Trachydolerit, Andesit und allenfalls der Phonolith anreihen lassen; doch bilden die letzteren drei schon Uebergänge zu den Basiten.

Früher wurde es als eine wesentliche Bedingung der trachytischen Gesteine angesehen, dass sie vorherrschend aus Sanidin beständen. Da sich aber ergeben hat, dass sehr viele derjenigen Gesteine die man als echte Trachyte zu bezeichnen gewohnt war, statt des Sanidins Oligoklas enthalten, so pflegt man nun Sanidin- und Oligoklas-Trachyte und deren Zwischenstufen zu unterscheiden. Der Begriff Trachyt ist neuerlich sogar noch viel weiter ausgedehnt worden; G. Rose hat im IV. Band des Kosmos dazu eigentlich alle Laven, auch entschieden basische, gerechnet, und ebenso haben v. Richthofen und Madelung amphibolreiche Gesteine zu den Trachyten gruppirt, die man bisher gewohnt war Grünsteine zu nennen (Timazit, Teschinit und Banatit). Stellt man auf diese Weise basische Gesteine zum Trachyt, dann bleibt eigentlich gar keine Abgrenzung für denselben übrig, und man kann dann auch nicht mehr sagen, die Trachyte sind Acidite. Dass eine scharfe Grenze nicht besteht, und dass diese Gesteine geologische Beziehungen zu echten Trachyten haben, mag zugegeben werden, aber eine Erleichterung der Uebersicht wird durch solche Ausdehnung der einmal üblichen Begriffe nicht erzielt. Dagegen erscheint es mir recht zweckmässig, dass v. Richthofen die kieselreichsten und oft glasartigen Gesteine der Trachytgruppe unter der gemeinsamen Bezeichnung Rhyolit (Liparit) zusammengefasst hat, indem er dahin die Trachytporphyre mit dichter Grundmasse, die Perlsteine und Obsidiane rechnet.

Die Nebenbestandtheile wechseln in den Trachyten wie

in den trachytischen Laven. Hornblende oder Augit, dunkler Glimmer und selbst etwas Quarz treten auf. Einen quarzhaltigen Trachyt Siebenbürgens hat Stache Dacit genannt; auch dieser ist theils durch Oligoklas, theils durch Sanidin charakterisirt. Im Andesit und Trachydolerit nehmen dagegen Hornblende, Augit, Glimmer und der Magneteisenerzgehalt etwas zu. Der Phonolith scheint in seiner dichten Grundmasse viel Nephelin zu enthalten, den man aber nur selten als Gemengtheil erkennt, während Sanidin darin oft sehr deutlich sichtbar wird. Viele Phonolithe scheinen indessen ihren ursprünglichen Zustand schon sehr verändert zu haben.

An diese unteren Vulkanite reihen sich zunächst die oberen Plutonite an, und an diese dann die unteren, die alle wieder in jene zwei chemischen Gruppen der Basite und Acidite zerfallen. Beginnen wir mit den ersteren: Es ist schwer, zwischen Basalten und Grünsteinen eine scharfe Grenze zu ziehen, bei einiger Uebung lassen sie sich aber dennoch in der Regel ziemlich leicht von einander unterscheiden, und namentlich der eigentliche charakteristische Basalt pflegt schon durch seinen Olivingehalt leicht kenntlich zu sein. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung sind die Basalte und Grünsteine gar nicht von einander verschieden, die einzelnen localen Vorkommnisse allerdings wohl, aber diese ebenso sehr unter sich als gegenseitig. Als Textur wiederholt sich bei den Grünsteinen wie bei den Basalten: dicht, porphyrartig, krystallinisch-körnig, blasig und mandelsteinartig. Feldspath und Pyroxen mit etwas Magneteisenerz sind in beiden oft die wesentlichen Gemengtheile. Was sie petrographisch unterscheidet, lässt sich etwa so gegenüberstellen:

Die Basalte enthalten neben Labrador und Augit oft Olivin, Nephelin oder Leucit und ihre deutlichen Gemenge; die Dolerite sind seltener als die dichten Zustände. Ihre Färbung ist schwarz oder dunkelgrau.

Die Grünsteine enthalten in der Regel weder Olivin noch Nephelin und Leucit, dagegen oft Hornblende statt Augit, und etwas Chlorit (der ein Zersetzungsproduct zu sein scheint);

Digitized by Google

ihr Feldspath ist am häufigsten Oligoklas, Albit, oder Anorthit, doch auch Labrador. Ihre Blasenräume sind in der Regel schon ausgefüllt, und sie zeigen zuweilen etwas schieferige Textur; ihre Färbung ist meist grünlich, aber auch grau oder schwarz.

Wir stehen übrigens hier vor einem Fall, in welchem die Benennung einigermaassen von den beobachteten Altersverhältnissen abhängig gemacht zu werden pflegt. Ausser den deutlichen Basalten ebenso wie ausser den deutlichen Diabasen oder Dioriten, kommen nämlich oft undeutlichere Varietäten vor, die sich kaum sicher unterscheiden lassen. Diese rechnet man in der Regel zu den basaltischen Gesteinen, wenn sie tertiär oder noch neuer sind, und zu den Grünsteinen, wenn sie viel älter sind. Bei solchem Verfahren ist es dann leicht begreiflich, dass die Grünsteine überhaupt älter sind als die Basalte. Die tertiären Grünsteine der Karpathenländer (Timazite oder Trachytgrünsteine) waren es, die zuerst diese Bestimmungsmethode unsicher oder unhaltbar machten, da sie zu sehr von den echten Basalten abweichen und sich viel mehr den echten Dioriten anschliessen. Das scheint auch der Grund gewesen zu sein, warum Einige sie zu den Trachyten stellten.

Die beobachtbaren Grünsteine haben aber durchschnittlich wirklich ein höheres Alter als die Basalte, was jedoch nur eine Folge ihrer mehr plutonischen Entstehung zu sein braucht; man kann aber auch den Grünsteinzustand wenigstens theilweise, besonders die Chloritbildung darin, als eine Folge der Umwandlung im Verlaufe grosser Zeiträume ansehen. In diesem Falle würden sie als solche jetzt nicht entstehen und nie ursprünglich entstanden sein. In Deutschland durchsetzen sie meist nur Ablagerungen der Grauwacken- und Kohlenperiode, in Ungarn und Siebenbürgen die Timazite (Trachytgrünsteine), auch tertiäre. Ihnen wahrscheinlich zugehörige Tuffbildungen finden sich in Deutschland mehrfach mit devonischen Schichten wechselnd, in den Süd-Tyroler Alpen die sogenannten Melaphyrtuffe mit Triasschichten verbunden. Für die Gesammtheit ergiebt sich hiernach ein sehr grosser, durch Beobachtungen erkennbarer Bildungszeitraum; der wirkliche dürfte noch grösser sein.

Gehen wir von dem Diabas als denjenigen Grünsteine aus, welcher den Basalten, und insbesondere dem Dolerit, am ähnlichsten zusammengesetzt ist, so finden wir diesen als ein Gemenge von Feldspath (Oligoklas, Labrador oder Anorthit) mit Augit oder Hypersthen, etwas Chlorit und Magneteisenerz. Ihm zur Seite steht der Diorit als ein Gemenge von Feldspath (Oligoklas, Labrador oder Anorthit) und Amphibol (Hornblende oder Gamsigradit). Beide sind nicht mehr zu unterscheiden in dem dichten Zustande, den man Aphanit genannt hat. Das sind die Hauptgesteine der ganzen Gruppe; an sie reihen sich, durch die Textur oder durch die Mineralspecies des Gemenges etwas verschieden, zunächst an: Kalkdiabas, Eukrit, Gabbro, Euphodit, Norit, Hypersthenit, Monzon-Hypersthenit, Eustathitfels, Kugeldiorit, Timazit, Kalkdiorit, Labradorporphyr, Oligoklasporphyr, Augitporphyr, Uralitporphyr, vieler Melaphyr und Trapp. Teschinit und Banatit sind dagegen nur Bezeichnungen für locale Vorkommnisse. Etwas entfernter reihen sich an die Grünsteine noch an: Malakolithfels, Lheherzolith, aus Olivin, Eustathit und Diopsit gemengt, Dunit, wesentlich aus Olivin bestehend. Daubrée erklärt diese letzteren für die basischsten aller Eruptivgesteine, und weist ihnen die wichtigste Rolle im Erdinnern zu, womit freilich ihre geringe Verbreitung an der Oberfläche und der Mangel ihres Vorkommens als Laven thätiger Vulkane nicht übereinstimmt. Es versteht sich von selbst, dass auch diese Variationen des Grünsteintypus als Aphanite auftreten können, denn das ist eben nur der dichte Zustand aller. Die Modificationen sind hier noch etwas mannigfaltiger als in der Basaltgruppe, wahrscheinlich weil die Umstände der Erstarrung und zugleich die der späteren Veränderung leicht mannigfaltiger sein konnten.

Trotzdem dass es v. Richthofen versucht hat, den Brongniart'schen Begriff des Melaphyr wieder einzuführen, dürfte es doch schwer gelingen, diesem Namen noch eine selbstständige Bedeutung zu sichern. Er ist zu sehr missbraucht worden, man hat zu vielerlei Gesteine Melaphyre genannt, und

die alte, an sich etwas unsichere Bestimmung Brongniart's eigentlich längst vergessen. Schon L. v. Buch legte besonderen Werth auf den Augitgehalt, während Brongniart als charakteristisch nur Hornblende nennt. Was man im Nahethal sehr allgemein zum Melaphyr zu rechnen pflegte, gehört nach Laspeyres zum Gabbro oder Hyperit, und zeichnet sich durch einen verhältnissmässig grossen Gehalt an Caesium und Rubidium aus.

Von den Grünsteinen unterscheiden sich die Porphyrite oder quarzfreien Porphyre besonders durch ihren ganz vorherrschenden Felsitgehalt, der eine dichte Grundmasse bildet in welcher Krystalle oder krystallinische Theile von Feldspath, Feldspath und Glimmer, oder Feldspath und Hornblende inne liegen; hiernach unterscheide ich Porphyrit, Glimmerporphyrit und Hornblendeporphyrit. Quarz tritt nicht als ursprünglicher Gemengtheil darin auf. Dieser Umstand, sowie der kaum 60 Procent erreichende Kieselsäuregehalt, weist ihnen ihren Platz noch unter den Basiten an, doch eben nur an der Grenze gegen die Acidite, und sicher ist zwischen ihnen und den Quarzporphyren keine scharfe Trennung vorhanden — d. h. es giebt Porphyrite, die schon etwas Quarz beigemengt enthalten, und Quarzporphyre mit sehr wenig Quarz. Die Porphyrite gehen auch über in die Glimmertrappe, in so weit diese zu den Eruptivgesteinen gehören. Auch sie stehen mit 50 bis 65 Procent Kieselsäuregehalt auf der Grenze zwischen den Basiten und Aciditen, und Manches was man, besonders im Erzgebirge, dazu gerechnet hat, scheint nach H. Müller metamorphischer Entstehung zu sein. Die Unterschiede die man zwischen Minette, Fraidronit, Kersanton und Kersantit gemacht hat, sind jedenfalls schwierig festzustellen; diese Gesteine bestehen alle wesentlich aus Glimmer und Felsit, zuweilen mit etwas Hornblende oder auch mit Quarz. Ihre Textur bildet ein unbestimmtes Gewebe, in dem aber oft auch einzelne Bestandtheile porphyrartig hervortreten.

Sowohl die Porphyrite als die Glimmertrappe spielen gegen die meisten anderen Gesteine, besonders rücksichtlich ihrer Ver-

breitung, nur eine untergeordnete Rolle. Die mikroskopische Untersuchung der Grundmasse ersterer hat aber bereits zu recht interessanten Resultaten geführt, worauf ich später zurückkommen werde.

Den Grundstein der Basite bildet der Syenit, eine offenbar tief plutonische Bildung, ein unterer Plutonit. Der echte Syenit besteht wesentlich nur aus einem ganz krystallinischkörnigen Gemenge von Orthoklas und Hornblende; doch ist nach Breithaupt im plauenschen Grunde der Orthoklas z. Th. durch Mikroklin, also einen plagioklastischen Feldspath, vertreten; als unwesentlich aber charakteristisch, ist Titanit oder Wöhlerit beigemengt; Quarz und Glimmer fehlen. Dieser charakteristische unterplutonische Basit, mit 55 bis 60 Procent Kieselsäure, tritt bei weitem nicht so häufig auf als der Granit, und diese Thatsache der grösseren Seltenheit spricht einigermaassen für die Sonderung der Erdbestandtheile nach der Schwere; da aber der Syenit als unterer Plutonit naturgemäss und thatsächlich, wo er beobachtet wird, sehr alt ist, in der Regel sogar älter als die benachbarten Granite, so sind anderer Seits die, wenn auch nur vereinzelten Fälle seines Vorkommens, Beweise gegen eine scharfe Sonderung nach dem Gewicht. Dazu kommt aber, dass er unter den Basiten auf der Grenze gegen die Acidite steht. Was man in vielen Gegenden Syenit genannt hat, ist sogar eigentlich ein Uebergang in Granit, den man passender als Syenitgranit bezeichnet, da auch Glimmer und Quarz als Gemengtheile darin auftreten. In diesem steigt der Kieselsäuregehalt stets über 60 Procent, und wir müssen ihn daher zu den Aciditen in die Granitgruppe bringen.

An den Syenit schliessen sich noch der Miascit, aus Orthoklas, Nephelin, Sodalit und schwarzem Glimmer gemengt, der Zirkonsyenit, aus Orthoklas, Nephelin, Zirkon und Hornblende bestehend, und der Foyait, ein Gemenge aus Orthoklas, Nephelin und Hornblende, an. Schon ihr grosser Reichthum an accessorischen Mineralien, sowie ihr seltenes Vorkommen, spricht dafür, dass ganz besondere Entstehungsumstände zu ihrer Bildung nöthig waren. Ausserdem reihen sich an den

Syenit mineralogisch auch noch schiefrige Varietäten, wie Syenitschiefer und Hornblendeschiefer, an, die z. Th. metamorphischer Entstehung sein mögen, eben so wie manche mit dem Granit verwandte Granulite und Gneisse.

Viele Basite enthalten unsichtbar vertheilt auch etwas kohlensauren Kalk oder kohlensaures Eisenoxydul, und brausen darum mit Säuren ein wenig auf. Wären das ursprüngliche Bestandtheile, so würden sie mit einer pyrogenen Entstehung schwer vereinbar sein; es ist aber hinreichend nachgewiesen, dass diese Carbonate erst durch einen langsamen Zersetzungsprocess im Inneren der Gesteine entstanden sind. Die Kalkerde war da, aber die Kohlensäure trat hinzu.

Damit haben wir die basische Reihe der Eruptivgesteine bis zu ihren untersten plutonischen Gliedern durchlaufen. In ganz ähnlicher Weise werden wir von den Trachyten durch die Quarzporphyre bis zum Granit hinabgeführt. Da aber der Granit unter allen plutonischen Aciditen nicht nur das verbreitetste, sondern auch das am deutlichsten gemengte und am krystallinischsten entwickelte Gestein ist, so dürfte es zweckmässig sein von ihm auszugeben, und daran die minder krystallinisch entwickelten aber doch plutonischen Glieder der Reihe anzuschliessen. Sie schliessen sich an den Granit ungefähr in derselben Art an wie die Rhyolithe an den Trachyt, und sie scheinen in der That meist nicht so tief plutonischer Entstehung zu sein als der echte Granit.

Aller echte Granit besteht aus einem deutlich und durchaus krystallinisch-körnigen Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer, zwischen denen keine dichte Grundmasse erkennbar ist. Der Feldspath ist meist Orthoklas, doch z. Th. auch Oligoklas oder ein anderer plagioklastischer Felsit. Der Glimmer ist meist Kaliglimmer, doch zuweilen auch Magnesiaglimmer. In der krystallinisch-körnigen Grundmasse tritt der Orthoklas, nach Breithaupt oft Cottait, manchmal auch noch in grösseren Krystallen porphyrartig auf, in welchem Falle man die Varietät porphyrartigen Granit nennt. Eine grosse Zahl anderer Textur- und Mengungsvarietäten reihen sich dem Granit an, die z. Th.

ihre besonderen Namen erhalten haben; die meisten derselben zeigen aber nur eine so beschränkte Verbreitung, dass man ihre Abweichung vom Normalen besonderen Einwirkungen zuschreiben kann.

Die wichtigsten dieser Varietäten sind folgende: Syenitgranit, mit Hornblende im Gemenge, Gneissgranit, etwas schiefrig, Protogin, mit undeutlichem chlorit- oder talkähnlichem Glimmer, Schriftgranit, eine eigenthümliche regelmässige Verwachsung von Orthoklas und Quarz, Pechmatit, vorherrschend ein grobes Orthoklasgemenge, Rappakivi, ein besonderer porphyrartiger Granit in Finnland; Granitit nannte G. Rose Granit mit viel Oligoklas, wenig dunklem und keinem hellen Glimmer — das ist ungefähr Fournet's Miarolith; Beresit ist nur eine eisenkiesreiche Localvarietät im Ural, Aplit (oder Halbgranit) ohne Glimmer, also dem Granulit genähert; Tonalit, nach vom Rath aus einer triklinen Feldspathspecies, mit Quarz, Magnesiaglimmer und etwas Hornblende gemengt; Schörlgranit, mit Schörl statt des Glimmers; es liessen sich noch Rumburger Granit mit blauem Quarz, Graphitgranit und Eisengranit hinzufügen, die aber nur ganz local bekannt sind. Den Greisen, oder Granit ohne Feldspath, kann man kaum hierher rechnen, da er zu sehr von allen durch Feldspath charakterisirten Eruptivgesteinen abweicht; es könnte vielleicht eine Umwandlungsvarietät sein, was aber auch für Protogin, Peresit und Eisengranit gelten mag. Für das Allgemeine ist überhaupt kein grosser Werth auf diese Granitvarietäten zu legen, so interessant sie auch für den besonderen Fall sind.

Die normalen Granite gehen durch blosse Texturmodificationen über in den Granitporphyr (und Syenitporphyr, besser Chloritporphyr), eine dichte felsitische Grundmasse mit porphyrartigen Einschlüssen von Feldspath, Quarz und Glimmer oder Chlorit, und durch diesen in Quarzporphyr ohne Glimmer, der dann wieder eben so innig verbunden ist mit Felsitfels (Petrosilex, Eurit) und Pechstein. Alle diese Gesteine haben durchschnittlich die gleiche chemische Zusammensetzung, man kann sie danach weder unter einander, noch von den

trachytischen Gesteinen unterscheiden. Ihr Kieselsäuregehalt schwankt im Allgemeinen zwischen 62 und 81 Procent.

Die durchaus krystallinische Entwickelung des Granites, in welchem alle Bestandtheile zur Krystallisation gelangt sind, gar keine dichte Grundmasse übrig geblieben ist, sowie seine normalen Lagerungsverhältnisse lassen auf eine tief plutonische Erstarrung der Masse schliessen. In Folge davon sind natürlich die beobachtbaren Granite in der Regel sehr alte Gesteine, selten jünger als die Steinkohlenformation. Doch giebt es Ausnahmen, wie in den Alpen. Wo Erhebung und Erosion sehr mächtig gewirkt haben, da konnten auch jüngere Granite, welche Trias- oder Jurabildungen durchsetzen, beobachtbar werden.

Es scheint, dass auch das Auskrystallisiren von Quarz einigermaassen von dem Erstarrungsniveau abhängig ist, denn Trachyte und Trachytlaven von ganz gleich hohem Kieselsäuregehalt, wie Granite, enthalten doch nur selten freien Quarz, dafür aber auch weniger Glimmer und überhaupt weniger kieselsäurearme Mineralien neben dem Feldspath. Hier ist übrigens die Frage noch zulässig ob nicht selbst in Trachytlaven mikroskopisch vertheilter Quarz vorhanden ist. Das ist noch nicht untersucht, aber Zirkel hat versprochen es zu thun, sobald er geeignetes Material erhält.

Man hat die besondere Mineralverbindung des Granites als einen Beweis gegen seine Entstehung durch Erstarrung zu benutzen versucht. Namentlich den Umstand, dass in ihm zuweilen der Quarz später fertig geworden ist als der Feldspath, und er dann Eindrücke von dessen Form zeigt. Das schien allerdings eine Zeit lang schwer erklärbar. Durocher hat aber gezeigt, dass die Kieselsäure in einer Legirung mit den Bestandtheilen des Feldspathes eben so lange flüssig bleibt als dieser, dass also Quarz und Feldspath erst beim Erstarrungspunkt des letzteren gleichzeitig daraus auskrystallisiren, und Bunsen machte darauf aufmerksam, dass überhaupt der Schmelz- und Erstarrungspunkt von Legirungen oder Verbindungen unabhängig von dem der einzelnen Stoffe ist, die verbunden sind. Er sagt darüber, „wie wenig zulässig die

Voraussetzung ist, dass die Mineralien aus ihrer feurigflüssigen Lösung bei ihrem relativen Schmelzpunkt fest werden mussten, da der Erstarrungspunkt eines mit anderen Substanzen zu einer Lösung verbundenen Körpers, ausser von dem Druck, hauptsächlich von dem relativen Verhältniss der sich gelöst haltenden Substanzen bedingt wird."

Es kam unter diesen Umständen nur darauf an, welches der beiden Mineralien schneller krystallisirte und früher mit seiner Form fertig wurde; das scheint in der Regel der Feldspath gewesen zu sein.

Der Einwand welchen Rose gegen die Erstarrung des Granites auf das ungleiche specifische Gewicht des auf verschiedene Art entstandenen Quarzes gründete, ist ebenfalls nicht schlagend, da die Erstarrungsumstände des Granites jedenfalls ganz andere waren, als man sie experimentell nachahmen kann, und da der Zustand des Quarzes sich später wieder verändert haben könnte. Es ist dieser Einwand noch auf andere Silikate ausgedehnt worden, welche durch Glühen leichter werden, und von denen man deshalb sagte, sie könnten im schweren Zustande nicht aus Erstarrung hervorgegangen sein. Wenn aber diese Substanzen durch Einwirkung hoher Temperatur ihr specifisches Gewicht ändern können, so werden sie sicher auch durch einen, wenn auch höchst langsamen Vorgang ihr altes Gewicht wieder annehmen können. Uebrigens ist es, wie schon bemerkt, noch gar nicht erwiesen, dass Wärme unter sehr hohem Druck denselben Einfluss ausübt. So höchst zweifelhafter und verschiedener Auslegung fähige Umstände können nicht die unzweideutigen formalen Erscheinungen der Eruptivgesteine widerlegen.

Auch der kleine Wassergehalt einiger Gemengtheile des Granites, und das Auftreten gewisser accessorischer Mineralien, deren Zusammensetzung einer Entstehung durch Erstarrung zu widersprechen scheint, wurden als Gründe gegen die plutonische Granitbildung hervorgehoben. Zunächst fragt es sich, ob jener Wassergehalt den Gemengtheilen ursprünglich angehört; nach den mikroskopischen Untersuchungen Zirkel's und Laspeyres', auf die ich nachher zurückkomme, enthalten Feldspath und

Quarz in der Regel unendlich viele kleine Poren oder Bläschen, die z. Th. mit Wasser gefüllt sein mögen. Der Wassergehalt kann aber auch ein ursprünglicher sein; nach Daubrée's Versuchen kann man unter hohem Druck Wasser mit Silikaten zusammenschmelzen. Nach Scheerer bildet dasselbe einen chemischen Bestandtheil mehrerer Mineralien, indem es die Stelle anderer Elemente einnimmt. Hiernach können plutonische Massen als in gewissem Grade heisswässerig flüssig gedacht werden. Jedenfalls hat man aber auch in einigen neuen Laven einen kleinen, innig gebundenen Wassergehalt nachgewiesen, woraus thatsächlich hervorgeht, dass der geringe Wassergehalt des Granits oder anderer plutonischer Gesteine nicht als Grund gegen ihre Entstehung durch Erstarrung gelten darf, möge nun die eine oder die andere Erklärung desselben die richtige sein.

Unter den accessorischen Gemengtheilen des Granits kommen zuweilen solche Mineralien vor, deren Bildung auf pyrogenem Wege undenkbar ist. Dann wird aber allemal ihre gegenwärtige Zusammensetzung das Resultat einer Umbildung oder einer Neubildung sein, deren sich selbst in den geschlossensten Gesteinsmassen zahlreiche nachweisen lassen. Erst ganz neuerlich ist der oben erwähnte Vorgang der inneren Veränderungen in Beziehung auf die Porphyre von Halle durch Laspeyres nachgewiesen worden.

Sehr naiv war es, als man die in Spalten erfolgte Krystallisation von Feldspath über Kalkspath ebenfalls als einen Beweis gegen die pyrogene Bildung der Feldspathgesteine überhaupt zu benutzen versuchte. Niemand hatte die Möglichkeit der Feldspathbildung aus wässrigen Solutionen geleugnet, wer aber daraus zu schliessen sich berechtigt glaubt, dass Feldspath überhaupt nicht auf andere Weise entstehen könne, der muss entweder die Existenz des Feldspathes in den Laven leugnen, oder diese für Wasserabsätze erklären. Dass Einige einer solchen Thatsache besonderen Werth als Beweis gegen die plutonische Entstehung des Granits beizulegen versuchten, beweist nur die geringe geologische Kenntniss oder Befähigung derselben. Jene Feldspathkrystalle auf Kalkspath rühren be-

kanntlich aus Gangspalten her, und Aehnliches ward in Erzgängen schon früher mehrfach beobachtet.

Endlich hat man auch noch die besondere Natur der Contactbildungen an den Rändern der Granite als einen Grund gegen ihren pyrogenen Ursprung angeführt, weil jene Contactbildungen nicht aus Schmelzungen und dergleichen Aenderungen der durchsetzten Gesteine bestehen. Bekanntlich bringen aber auch die neuesten Laven durchaus nicht an allen ihren Berührungsstellen solche Aenderungen hervor, die stets sehr von der Höhe der Temperatur, der Dauer ihrer localen Einwirkung, dem Zustande und der Masse des berührten Gesteins abhängig sind; bei allen plutonischen Gesteinen kommt aber noch der sehr wichtige Umstand hinzu, dass dergleichen Einwirkungen unter hohem Drucke und unter vollständigem Abschluss der Luft nothwendig ganz andere sein müssen, als an der Erdoberfläche. Von Verglasung oder Verschlackung kann da gar nicht die Rede sein, schon die sehr langsame Erkaltung verhindert das, oder die Zeit zerstörte das Glasartige wieder, wo Wasser Zutritt hatte. Dagegen zeigen uns die Granitränder oft sehr auffallende Reibungsbreccien und Ramificationen, die durch eine andere als eruptive Entstehung gar nicht erklärt werden können.

Der Granit hat mich etwas lange aufgehalten, weil seine Entstehung durch Eruption am meisten angefochten worden ist, und weil durch ihn zugleich die Frage für alle anderen plutonischen Gesteine entschieden wird. Auch dürfte es gut sein hier noch zu bemerken, dass nicht nothwendig aller Granit eruptiver Entstehung sein muss, weil es der meiste entschieden ist. Dieselbe Mineralverbindung, von der so vielerlei Modificationen gefunden werden, kann möglicher Weise auch auf andere Art entstanden sein, z. B. durch Umwandlung. Eben so gut als wir vielen Gneiss als ein metamorphisches Gestein anzusehen haben, kann auch mancher Granit einen solchen Ursprung haben. Es wird sich das immer nur für den einzelnen Fall durch deutliche Lagerungsverhältnisse entscheiden lassen.

Gehen wir jetzt zu den minder vollkommen krystallinisch entwickelten plutonischen Aciditen über, welche durchschnittlich ganz dieselbe chemische Zusammensetzung haben wie die echten Granite.

Im Granitporphyr finden wir eine dichte, oder wenigstens sehr feinkörnige Grundmasse, in welcher aber alle wesentlichen Bestandtheile des Granits porphyrartig auskrystallisirt sind. Das ist der Uebergang zum Quarzporphyr, in welchem der Glimmer als wesentlicher Bestandtheil nicht mehr erkennbar, oder doch sehr selten ist.

Die Quarzporphyre sind häufiger und auch genauer untersucht als die Zwischenstufe der Granitporphyre, die ich deshalb hier nicht weiter berücksichtige.

Nicht nur die neueste, sondern auch die beste Arbeit darüber ist die Laspeyres' in der Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft Bd. XVI, S. 367, ich werde sie deshalb diesen Bemerkungen wesentlich zu Grunde legen, muss jedoch dabei bemerken, dass man in der Gegend von Halle, welche diese Arbeit vorzugsweise behandelt, unter der Bezeichnung Quarzporphyr nur ein Zersetzungsproduct zu verstehen scheint, weshalb Laspeyres unsere Quarzporphyre stets quarzführende Porphyre nennt; ich ändere daher seine Benennung hier ab.

Die Quarzporphyre zeigen ausserordentlich viele Varietäten ihres Zustandes, ihrer Textur, und selbst einige der Mengung. Manche derselben sind an sich gar nicht von quarzhaltigen Trachytporphyren zu unterscheiden, wenn man nicht die Art ihres Vorkommens kennt; d. h. man nennt ein solches Gestein Quarzporphyr, wenn es ein hohes Alter erkennen lässt, und Trachytporphyr, wenn es in trachytischen Gegenden auftritt und geologisch ziemlich neuer Entstehung ist.

Als den normalsten möchte ich denjenigen Quarzporphyr bezeichnen, welcher in einer dichten felsitischen Grundmasse nur Krystalle von Orthoklas und Quarz enthält. Aber die Krystalle können gross oder klein sein, sparsam oder in Menge eingestreut; neben den Orthoklaskrystallen treten auch noch solche von Oligoklas oder Sanidin, zuweilen auch Spuren von

Glimmer auf. Die Grundmasse kann erkennbar etwas krystallinisch, ganz dicht, dabei im Bruch erdig oder hornsteinähnlich sein; sie kann ausser den Krystallen kugelförmige Concretionen enthalten, und auch ihre Färbung kann sehr verschieden sein. Fehlen alle Krystalle in der Grundmasse, so nennt man das Gestein natürlich nicht mehr Porphyr, sondern Felsitfels, Petrosilex oder Eurit.

Laspeyres hat bei den Porphyren der Gegend von Halle, die zwei Entstehungsperioden — vor und nach der Steinkohlenablagerung — anzugehören scheinen, zunächst die eingeschlossenen Krystalle sehr sorgfältig untersucht. Sie bestehen hier aus Quarz, Orthoklas und Sanidin, Oligoklas, und zuweilen auch etwas Glimmer und Hornblende.

Der Quarz bildet wirkliche Krystalle, nicht blos krystallinische Körner wie im Granit; es sind in der Regel Diploeder (auch Dihexaeder genannt), sehr selten mit kurzen prismatischen Flächen. Ihre Oberfläche ist rauh, unter dem Mikroskop erkennt man, dass die Grundmasse zart in dieselbe verzahnt ist. Auch ihr Inneres ist nicht rein, sondern enthält Einschlüsse von Glimmer und von der Grundmasse, ausserdem aber sehr zahlreiche kleine Poren (Bläschen). Flüssigkeit beobachtete Laspeyres in diesen Poren nicht, wohl aber zarte Ablagerungen von Eisenoxydhydrat, welches in Lösung durch feine Spalten, die den Quarz durchschneiden, eingedrungen zu sein scheint.

Der Orthoklas bildet einfache Krystalle oder Zwillinge nach dem Carlsbader Gesetz. Bei den einfachen Krystallen herrscht die Säulenform vor, die tafelförmigen Krystalle sind stets als Zwillinge verwachsen. Die Orthoklaskrystalle haben zuweilen Oligoklaskerne oder Oligoklasrinden, die schneller verwittern. Im Innern sind alle Krystalle von Rissen durchzogen und überall zart blasig. Dadurch wird ihre Verwitterung befördert. Im ganz frischen Gestein ist der Orthoklas theilweise oder ganz noch jetzt Sanidin, und Laspeyres hält allen Orthoklas im Porphyr von Halle für ursprünglich als Sanidin entstanden, und erst durch theilweise Kaolinisirung und Eisenoxydbildung in gefärbten Orthoklas umgewandelt. Alle Feldspathe, auch die

Oligoklase, umschliessen, wie die Quarzkrystalle, auch noch kleine Theile von dichter Grundmasse, Glimmer und Hornblende; in den kleinen Poren dazu Neubildungen von Flussspath, Quarz, Chlorit, Eisenocker und Rotheisenerz. Diese Neubildungen sind jedenfalls sehr interessant als Beweise von Umbildungen im Innersten des Gesteins, und die Entstehung des Orthoklases aus Sanidin könnte wohl auch für manche Granite gelten, d. h. diese könnten ursprünglich Sanidingesteine gewesen sein.

Der Glimmer, welcher nur sehr untergeordnet auftritt, ist theils schwarzer Magnesiaglimmer, theils weisser Kaliglimmer. Er ist oft stark verwittert und kann dann leicht für etwas Anderes gehalten werden. Die Hornblende ist nicht sicher als solche erkennbar, könnte auch Augit sein, wogegen aber der Quarzgehalt des Gesteins spricht.

Die Grundmasse ist in diesen Porphyren ganz so zusammengesetzt wie die Summe der darin eingeschlossenen Krystalle. Das gilt nicht nur für das chemische Verhalten, sondern auch für das mineralogische. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass diese Grundmasse nicht wirklich dicht, sondern nur sehr feinkörnig ist, zusammengesetzt aus Feldspath, Quarz und etwas Glimmer. Sie besteht also aus einem sehr feinkörnigen glimmerarmen Granit. Da aber selbst in diesem, für das unbewaffnete Auge unsichtbar gemengten Zustande immer noch Gradationen vorhanden sind, so entstehen diejenigen Verschiedenheiten der Grundmasse, welche man als Hornstein, Feldstein und Thonstein bezeichnet hat, worauf dann ausser der ungleichen Feinkörnigkeit auch noch die beginnende Zersetzung einen Einfluss geübt haben mag, indem sie selbst in die dichtesten Varietäten einzudringen vermochte.

Die völlige, selbst quantitative Uebereinstimmung der Grundmasse mit den Bestandtheilen welche darin auskrystallisirt sind, veranlasst Herrn L. zu der Vermuthung, dass die Abkühlung dieser Gesteine in zwei verschiedene Perioden zerfalle. Zuerst in eine sehr langsame Abkühlung während der aufsteigenden Bewegung der heissflüssigen Masse im Erdinneren;

da bildeten sich die ausgeschiedenen Krystalle — und dann in eine schnellere Abkühlung beim Ausfluss oder beim Eindringen zwischen vorhandene obere Schichten; dadurch erstarrte etwas schneller die Grundmasse. Hätte die erstere Abkühlungsart bis zum Festwerden des Gesteins fortgedauert, so würde nicht Porphyr sondern Granit daraus geworden sein. Ist diese gewiss recht beachtenswerthe Hypothese begründet, so kann das Gestein nicht zu den unteren Plutoniten gerechnet werden; es ist dann völlig oder doch beinahe an der Oberfläche erstarrt, nur seine echt vulkanische Decke ist abgespült, ähnlich wie bei den Trachyten. Wir haben in diesem Falle gewissermaassen einen sehr alten und sehr quarzreichen (aber deshalb nicht kieselsäurereicheren) Trachytporphyr vor uns, dessen ursprünglicher Sanidingehalt grösstentheils in Orthoklas umgewandelt ist.

Noch eine andere Bemerkung, welche den ursprünglichen Zustand und die späteren Veränderungen des Gesteins betrifft, ist sehr wichtig. Die Quarzporphyre von Halle sind wie die in den meisten anderen Gegenden vorherrschend roth, braun oder gelb gefärbt. L. hat aber durch genaue mikroskopische Untersuchung nachgewiesen, dass diese Färbung von keinem der ursprünglichen Gemengtheile herrührt, sondern von Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, welches überall in den mikroskopischen Spalten und Poren vertheilt ist, die ebenso die Grundmasse, wie alle Krystalle durchziehen. Dieses Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat ist aber keine ursprüngliche Bildung, kann sogar keine sein. In einem so überflüssig kieselsäurereichen Gestein, in welchem sehr viel freier Quarz auskrystallisirt ist, konnte weder Eisenoxyd noch Eisenoxydul ursprünglich zur Erstarrung gelangen, ohne sich als letzteres mit Kieselsäure zu verbinden. Nun zeigt sich, dass an den wenigen Stellen, wo das Gestein noch ganz vorzugsweise frisch und unverändert erhalten, und wo deshalb auch der Sanidin nur erst theilweise in Orthoklas umgewandelt ist, dass da auch die Färbung des Gesteins nicht eine röthliche, sondern eine mehr grünliche ist. Laspeyres schliesst daraus: dies möge ungefähr der ursprüngliche Zustand der halleschen, und wahrscheinlich aller

Quarzporphyre gewesen sein; ihre Grundmasse habe kieselsaures Eisenoxydul enthalten, welches aber von der Zersetzung noch früher angegriffen und in Eisenocker und Eisenoxyd umgewandelt wird, als die Kaolinisirung des Feldspathes beginnt. Die röthliche Färbung ist demnach ein Product der Zersetzung, und wird einigermaassen abhängig sein von der Dauer und Energie der Einwirkungen die von der Atmosphäre ausgehen. Ist diese Ansicht richtig, so gilt sie wahrscheinlich für alle Acidite.

Die echten Quarzporphyre sind entschieden eruptiver Entstehung, einige sind sogar mit Tuffbildungen verbunden, die sich z. B. bei Chemnitz in Sachsen innig an die Formation des Rothliegenden anschliessen. Auch daraus geht, wie aus ihrer Textur, hervor, dass ihre Entstehung durchschnittlich eine nicht so tief plutonische war als die der Granite, zu denen man noch keine Tuffbildungen kennt. Die Quarzporphyre bilden besonders häufig Gänge zwischen älteren Gesteinen, und in diesen sind zuweilen die Saalbänder, weil schneller abgekühlt, zu dichtem Felsitfels ohne Krystalle erstarrt, so z. B. recht deutlich in einem Porphyrgange, der dicht bei Dippoldiswalde in Sachsen den Gneiss durchsetzt. Es kommen aber auch dem Quarzporphyr und dem Felsitfels sehr ähnliche Gesteine vor, welche das Resultat einer Umwandlung sein mögen; doch das sind vereinzelte, und noch nicht hinreichend genau untersuchte Fälle, zu denen die sogenannten Lenneporphyre gehören dürften.

Mit den Quarzporphyren sind zuweilen Pechstein oder Pechsteinporphyr ungefähr in der Art verbunden, wie mit den Trachyten und den Trachytporphyren die Perlsteine und Obsidiane. Danach gestaltet sich das gegenseitige Verhalten der wichtigsten Erscheinungsformen unter den Aciditen ungefähr so:

Plutonite.	Vulkanite.
Granit.	Trachyt.
Quarzporphyr.	Trachytporphyr.
Pechstein.	Perlstein und Obsidian.

Der glasähnliche Zustand des Pechsteins lässt auf besonders schnelle Abkühlung schliessen, und somit auf eine schon beinahe vulkanische Entstehung. Doch ist allerdings der grosse Wassergehalt des Pechsteins eine auffallende Erscheinung, die auf diese Weise noch keine ganz befriedigende Erklärung findet.

Die geringen Unterschiede zwischen den entsprechenden Gliedern beider obiger Reihen können z. Th. wirklich Folgen der Zeit, d. h. solche kleiner Umwandlungen in derselben sein, wie das ganz besonders aus den Untersuchungen Laspeyres' hervorgeht. Jedes, auch das scheinbar dichteste Gestein erscheint hiernach, und nach den directen Versuchen von Delesse für Wasser durchdringbar bis in seine kleinsten Theilchen, wenn auch nur in sehr geringem Grade. Die Dauer der Einwirkung ersetzt aber hier wie überall ihre Energie. Wenn wir bedenken, dass alle Quellen, besonders aber die Mineralquellen, ihren Gehalt an Salzen, Alkalien, Eisen und anderen kohlensauren Verbindungen dem Erdinnern, folglich den Gesteinen entführen, so wird unzweifelhaft, dass dadurch im Erdinnern unausgesetzt Veränderungen erfolgen müssen.

Aus den Lagerungsverhältnissen ergiebt sich für die erstere der vorstehenden beiden Reihen S. 66 zugleich eine mehr plutonische Entstehung, und auch diese hat offenbar einen Antheil an der Verschiedenheit der Massen. Der Granit unterscheidet sich als tiefplutonisches Gestein neben seinem grösseren Gehalt an Quarz, besonders auch dadurch vom Trachyt, dass in ihm alle Mineraltheile deutlich krystallinisch entwickelt sind, während sich im Trachyt immer noch eine für das unbewaffnete Auge dichte Grundmasse zwischen den krystallinischen Theilen unterscheiden lässt, die somit eine versteckt porphyrartige Textur bedingt. Es findet sich ein ähnlicher Unterschied, wenn man den Syenit mit dem Diorit, Diabas oder Dolerit vergleicht.

J. Roth stellte als Gesetz der plutonischen Gesteinsbildung auf, dass die dichte oder feinkörnige Grundmasse der Gesteine stets alle Mineralien enthalte, welche porphyrartig in derselben ausgeschieden sind. Für Gesteine, in denen diese Grundmasse

nur eine ganz untergeordnete Rolle spielt, dürfte das freilich schwer nachweisbar sein.

Das Gesetzmässige welches sich in dem Zusammenvorkommen der Mineralien in krystallinischen Gesteinen zeigt, wurde zuerst von Breithaupt in seiner Paragenesis ausführlich besprochen. Der Gegenstand ist dann vielfach erörtert worden, zuletzt noch von J. Roth (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1864, S. 684). Dasselbe beruht offenbar auf chemischen Verhältnissen. Folgendes sind einige Hauptsätze, welche Roth hervorhebt:

1. Die Alkalifeldspäthe kommen als wesentliche Gemengtheile nicht mit Kalkfeldspäthen zusammen vor.
2. Der Orthoklas und Sanidin wird durch Leucit, der Oligoklas durch Nephelin, Sodalith, Hauyn oder Nosean vertreten.
3. Orthoklas und Oligoklas kommen sehr häufig zusammen vor.
4. In Oligoklasgesteinen kommt ausser Oligoklas kaum ein anderer Feldspath oder Vertreter desselben zugleich vor.
5. In Nephelingesteinen finden sich häufig Sanidin, Leucit oder Hauyn.
6. Quarz kommt neben Orthoklas und Oligoklas häufig, neben Lahrador selten vor.
7. Neben Orthoklas kommt selten Augit, häufig Hornblende vor; Oligoklas und Anorthit sind sowohl mit Hornblende als mit Augit verbunden; Lahrador und Leucit fast nur mit Augit.
8. Es schliessen sich also bis auf seltene Ausnahmen aus: a) Orthoklas und Augit; b) Oligoklas und Leucit, Nephelin; c) Lahrador und Leucit; d) Anorthit und Quarz; e) Leucit, Nephelin und Quarz; f) Hornblende und Lahrador.

Ich vermisse, dass nie Quarz und Augit als gleichzeitige Gemengtheile gefunden werden.

Es ist ganz unzweifelhaft, dass auch manche schiefrige Varietäten des Granitgemenges, die man gewöhnlich Gneiss oder

Granulit zu nennen pflegt, zu den eruptiven oder zu den ursprünglichen Erstarrungsgesteinen gehören, nnd eben so gewisse schiefrige Porphyre und Grünsteine. Leider giebt es noch kein sicheres Merkmal, diese Gesteine an sich von den metamorphischen Schiefern derselben Zusammensetzung zu unterscheiden. Auch die chemische Untersuchung reicht hierfür noch nicht aus.

Die schiefrige Textur der Gesteine, welche man früher oft mit Schichtung verwechselte oder wenigstens als derselben stets parallel betrachtete, ist überhaupt als das Resultat eines häufig von der Schichtung ganz unabhängigen Vorganges erkannt worden. Bei weitem in den meisten Fällen scheint sie durch einen einseitigen Druck entstanden zu sein, dessen Ursache man allerdings nicht immer erkennen kann. Dieser Gegenstand ist neuerlich besonders von englischen Geologen und Physikern sehr gründlich untersucht worden, und die Engländer besitzen auch für diese Textur viel mehr besondere Ausdrücke als wir, wodurch sie die einzelnen Modificationen derselben bezeichnen. Es ist das wahrscheinlich eine Folge des Vorkommens von sehr viel schiefrigen Gesteinen in England und ihrer häufigen Anwendung zu mancherlei Zwecken.

Nachdem Bauer bereits 1846 in Karsten's Archiv die transversale Schieferung als Resultat eines seitlichen Druckes bezeichnet hatte, haben Sharpe, Clifton, Haughton, Sorby, Tyndall, Murchison und Geirie sich ebenfalls bemüht, die Ursachen der Schiefertextur zu erklären. Auch nach ihren Untersuchungen scheint einseitiger Druck die Hauptursache zu sein, obwohl einige dieser Forscher auch von krystallinischen Kräften sprechen, die bei gemengten Gesteinen sicher unzulässig sind.

Page und Jukes haben es versucht, die vielerlei englischen Ausdrücke für die Schiefertextur zu fixiren. Page trennt in seinem *Advanced Textbook of Geology* wie folgt:

1. *Laminated* ist ein Gestein, wenn es aus höchstens zolldicken parallelen Platten besteht. Wir nennen das dünn geschichtet oder plattenförmig abgesondert.

2. *Flaggy* (daher *flags, flagstones),* wenn die Platten dicker sind. Fällt bei uns ebenfalls noch mit Schichtung oder plattenförmiger Absonderung zusammen.
3. *Shaly* (daher *shales),* schiefrig, parallel der Schichtung.
4. *Shistose* (daher *shist),* schiefrig bei krystallinischen Gesteinen, wie Glimmerschiefer oder Gneiss. Diese Gesteine sind zugleich *fissile* mit *lamination.*
5. *Slaty* (daher *slate),* sehr vollkommen und eben schiefrig wie Dachschiefer, und dabei ist die Schieferung in der Regel nicht parallel der Schichtung.
6. *Foliated* (daher *foliation),* blättrig, sowohl bei Gesteinen welche *shistose,* als bei solchen welche *slaty* sind.

Jukes macht dagegen in seinem *Manual of Geology* nur drei Hauptunterschiede:

1. *Shist* ist *foliated* und dabei *fissile.* Dieser Ausdruck soll nur für krystallinische Schiefer angewendet werden.
2. *Slate,* z. B. der Dachschiefer, besitzt *clevage* (parallele Spaltung), die meist nicht der Schichtung entspricht.
3. *Shale* ist *laminated,* d. h. er spaltet in dünne Platten.

Ich denke, wir könnten in Deutschland mit folgenden Unterscheidungen ausreichen:

1. Krystallinisch schiefrig, z. B. Glimmerschiefer.
2. Vollkommen schiefrig, z. B. Dachschiefer.
3. Schichtenschiefrig, stets parallel der Schichtung, z. B. Schieferthon.

Wir haben ausserdem den Ausdruck flasrig, der den Engländern ganz fehlt, und können schiefrig schlechtweg für unbestimmte Fälle verwenden.

Diese Bemerkungen über Schieferung haben nur deshalb hier Platz gefunden, weil diese Textur ausnahmsweise auch bei Gesteinen vorkommt, die man nach ihrem gesammten übrigen Verhalten als eruptive betrachtet. In der Hauptsache findet sich Schiefertextur aber nur bei sedimentären und metamorphischen Gesteinen.

Digitized by Google

Alle Erstarrungsgesteine sind, wie wir gesehen haben, wesentlich aus denselben chemischen Elementen und Verbindungen zusammengesetzt. Sie sind vom chemischen Standpunkte qualitativ gleich, zerfallen nur in basische und saure Silikate und deren Abstufungen. Nennen wir ohne scharfe Abgrenzung die ersteren Basite, die letzteren Acidite, die beide wieder vulkanisch oder plutonisch sind, so lassen sie sich nach ihrer erkennbaren mineralogischen Mengung in folgende Gesteine und deren Texturvarietäten trennen, welche z. Th. sogar besondere Namen erhalten haben. (Siehe Tabelle auf Seite 72.)

Sind nun diese Gesteine ihrem geologischen Alter nach wesentlich von einander verschieden? — Es ist das allerdings ein noch jetzt ziemlich verbreitetes Vorurtheil, obwohl aus zahlreichen genauen Beobachtungen hervorgeht, dass die ursprüngliche Zusammensetzung und sonstige Beschaffenheit der Gesteine, sowohl der eruptiven als der sedimentären, in keiner constanten Beziehung zu ihrem Alter steht. Die Täuschung ist übrigens sehr erklärlich, denn in der Mehrzahl der beobachtbaren Fälle zeigt sich allerdings eine gewisse Uebereinstimmung zwischen Beschaffenheit und Alter der Gesteine. Es erklärt sich das durch den Unterschied der mehr oder weniger plutonischen oder vulkanischen Entstehung, oder durch den Grad späterer Umwandlung. Je tiefer im Erdinnern, d. h. also je plutonischer die Bildung durch Erstarrung erfolgte, um so mehr Zeit gehörte dazu, um das Product durch Erhebung und Abspülung frei zu legen, während die vulkanischen Gesteine unmittelbar nach ihrer Entstehung beobachtbar sind. Wo daher nicht Erhebung und Abspülung ausnahmsweise schnell gewirkt haben, wie z. B. in den Alpen, da werden die beobachtbaren Eruptivgesteine um so älter sein, je plutonischer sie sind, die Granite in der Regel am ältesten. Die Berichtigung der Täuschung beruht somit auf den Ausnahmen, und wir dürfen aus ihnen schliessen, dass die Producte der Erstarrung sich zu allen Zeiten ziemlich gleich, oder doch sehr ähnlich waren, die Unterschiede nur im Niveau, in localen Einwir-

Digitized by Google

	Krystall.-körnig, auch zugl. porphyrartig.	Porphyrartig mit dichter Grundmasse.	Dicht oder glasartig.	Blasig oder mandelsteinartig.
Vulk. Basite.	**Dolerit.** **Nephelindolerit.**	**Basaltporphyr.** **Porphyrart. Neph.-Basalt.**	**Basalt.** **Nephelinbasalt.**	**Blasige** od. **schlackige Laven u. Mandelsteine** dieser Gesteine.
	Leucitophyr. Hauynophyr. Nosean-Melanit.	**Leucitporphyr.** Porph. Hauynophyr Porph. Nos.-Mel.	**Leucitfels.** Hauynophyr.	
Plutonische Basite.	**Diabas.** Eukrit. **Gabbro.** Hypersthenit. **Diorit.** Timazit. Nephelindiorit (vulkanisch?)	Angitporphyr. Uralitporphyr. Labradorporphyr. Oligoklasporphyr.	Aphanit. Melaphyr.	**Mandelsteine** dieser Gesteine, seltner blasige Varietäten.
	Glimmertrapp. Minette. Fraidronit. Kersanton. Kersantit. **Syenit.** Miascit. Foyait.	**Porphyrit.** **Hornblendeporphyrit** **Glimmerporphyrit.**	Basisch. Felsitfels, z. Th. Melaphyr.	
Vulkanische Acidite.	**Trachyt.** Sanidin-Tr. Sanid.-Olig.-Tr. Oligoklas-Tr. Dacit. Andesit. Trachydolerit.	**Rhyolit.** Trachytporphyr od. (Liparit).	**Rhyolit.** Perlit. Obsidian.	**Bimssteine** u. **blasige Trachytlaven,** selten Mandelsteine.
		Porphyrart. Phonolith.	**Phonolith.**	
Plutonische Acidite.	**Granit.** Syenitgranit. Pechmatit. Miarolith oder Granitit. Adnlargranit. Aplit. Tonalit.	**Granitporphyr** nnd **Quarzporphyr** mit Orthoklas, Oligoklas, Sanidin od. auch Hornblende.	**Felsitfels** oder **Petrosilex** und **Pechstein.**	Sehr selten blasig od. mandelsteinartig.

kungen und in späteren Umwandlungen beruhen. Noch leichter und sicherer ist die ursprüngliche Gleichheit der sedimentären Gesteine aller Perioden nachweisbar. Bei ihnen beruht der factische Unterschied wesentlich nur auf den allmäligen Umwandlungen derselben, welche durchschnittlich ihrem Alter (der Zeit ihres Bestehens) proportional sind, wobei aber natürlich auch die Stärke der localen Bedeckung von wesentlichem Einfluss war.

Ein sehr grosser Fortschritt in der genaueren Erkenntniss der eruptiven Gesteine ist neuerlich durch deren immer vollständigere mikroskopische und chemische Untersuchung angebahnt und z. Th. schon erreicht worden. Die Anwendung von Feinschnitten für das Mikroskop, welche zuerst von Nikol aus fossilen Hölzern hergestellt wurden, und die Ausführung von sogenannten Bauschanalysen ganzer Gesteinsmassen, welche Bunsen einführte, haben das Wesentlichste dazu beigetragen.

Die besten und lehrreichsten mikroskopischen Gesteinsanalysen haben bis jetzt Sorby, Zirkel und Laspeyres geliefert. Aus ihnen geht eine viel mannigfaltigere und complicirtere Gesteinszusammensetzung hervor, als man bis dahin vermuthet hatte. Die scheinbar dichtesten Grundmassen der Gesteine sind dadurch in krystallinische Aggregate aufgelöst worden, in denen man oft noch einzelne Mineralspecies unterscheiden kann. Selbst der Pechstein und Obsidian zeigten bei starker Vergrösserung, z. Th. erst nach der Behandlung mit Flusssäure, ein Gewirre zarter Krystallnadeln, dessen Intensität mit der Stärke der Vergrösserung so zunimmt, dass man vielleicht die ganze Masse als krystallinisch ansehen, und ihr optisches Verhalten nur durch die diffuse Lage der unzähligen Krystalle erklären kann. Im dichtesten Basalt wurden Feldspath, Magneteisenerz, etwas Olivin und eine vielleicht amorphe Grundmasse erkannt, in der Grundmasse der Quarzporphyre unterschied man ein Gemenge von Feldspath und Quarz. Alle diese Grundmassen enthalten auch noch kleine Bläschen und Einschlüsse, die Zirkel als Wasserporen, Dampfporen, Glasporen und Steinporen unterscheidet, gegen welche Bezeichnung Laspeyres, wohl mit Recht, Einwendungen macht.

Noch interessanter waren die Aufschlüsse über den mikroskopischen Bau der Feldspathkrystalle und der Quarzkrystalle im Granit, Porphyr, Trachyt, Pechstein und Obsidian. Sie sind ebenfalls, wie wir rücksichtlich des Porphyrs oben schon sahen, von unzähligen feinen Bläschen oder Poren und von zarten Spalten durchzogen; in den Bläschen glaubt Zirkel z. Th. Flüssigkeiten zu erkennen, was Laspeyres, ebenso wie die Glasporen, für noch zweifelhaft hält; jedenfalls enthalten aber die Krystalle zahlreiche kleine Einschlüsse von krystallisirtem Feldspath, Quarz oder Glimmer, Hornblende, Magneteisenerz und dergl. Ein Theil dieser unter dem Mikroskop erkannten Formen und Einschlüsse scheinen Neubildungen, Umwandlungsproducte zu sein, ein anderer Theil ursprüngliche. Jedenfalls geht aus den Untersuchungen hervor, dass auch die meisten Eruptivgesteine sich nicht mehr ganz in dem Zustande befinden, in welchem sie ursprünglich aus der Erstarrung hervorgingen, und dass sie bis in ihr Innerstes gewissen langsamen chemischen Reactionen zugänglich sind.

Diese schwierigen und für Ungeübte leicht mit Täuschungen verbundenen Untersuchungen werden aber besonders wichtig für die richtige Auslegung der chemischen Analysen, und am meisten, wenn bei ihrer Ausführung selbst schon chemische Hülfsmittel angewendet werden können. Es ist dadurch in der That ein neues Gebiet fruchtreicher Forschung eröffnet worden. Die mikroskopischen Untersuchungen haben indessen eben so wenig als die chemischen, die allgemeinsten Ansichten über Entstehung der Gesteine wesentlich umgestaltet, sie haben nur im Einzelnen dieselben berichtigt oder modificirt. Die Eintheilung in Erstarrungsgesteine, Sedimentärgesteine und metamorphische Gesteine, wie ich sie meiner Gesteinslehre zu Grunde gelegt habe, verträgt sich sehr wohl mit den Resultaten dieser Untersuchungen, was auch Zirkel in seiner Petrographie S. 173 anerkannt hat.

Sedimentärgesteine.

Bei Anordnung der Gesteine, z. B. in einer Sammlung, erscheint es zweckmässig, die metamorphischen krystallinischen Schiefer unmittelbar an die Erstarrungsgesteine anzureiben, und durch sie eine Art von Uebergang in die weniger veränderten sedimentären Gesteine herzustellen. Für die vorliegenden Betrachtungen ziehe ich es dagegen vor, erst die ihrer Entstehung nach beobachtbaren Sedimentärgesteine zu besprechen, und an diese die krystallinischen Schiefer anzuschliessen, welche durch Umwandlung daraus hervorgingen.

Während alle Erstarrungsgesteine wesentlich dieselbe qualitative chemische Zusammensetzung haben, finden wir dagegen die sedimentären Gesteine von sehr ungleicher und viel mannigfaltigerer Zusammensetzung. Einige derselben bestehen wesentlich nur aus Kiesel und Thon, andere aus kohlensaurem oder schwefelsaurem Kalk, oder aus kohlensaurem Kalk und Talk, einige nur aus Chlornatrium, aus Kieselerde, aus Eisenoxyden oder aus Kohle. Mineralogisch ist keines derselben wie ein Erstarrungsgestein zusammengesetzt, aber die Grundstoffe dieser finden wir in einigen der thonreichen Sedimentärgesteine vereinigt.

Dennoch können wir nicht anders als annehmen, dass das Material für die Sedimentärgesteine ursprünglich wesentlich aus der Zerstörung von Erstarrungsgesteinen hervorgegangen ist. Neues muss indessen hinzugekommen sein, z. B. Kohlenstoff und Chlor, die vorher wahrscheinlich als Gase in der Atmosphäre enthalten waren.

Die älteren Sedimentärgesteine sind natürlich später ebenfalls theilweise wieder zerstört worden und haben Material für neuere geliefert; das ändert aber nichts in dem gemeinsamen Ursprung aus Erstarrungsgesteinen.

Abgesehen von den aus der ersten Erdatmosphäre aufgenommenen Stoffen haben wir demnach in den Sedimentärgesteinen alle Bestandtheile der Erstarrungsgesteine, und nur diese, zu erwarten. Qualitativ bestätigt sich diese Erwartung

vollständig, ob auch quantitativ, das lässt sich kaum abschätzen, am wenigsten berechnen. Die Gesammtheit der sedimentären Gesteine enthält in der That (wenn wir Kohlenstoff, Chlor und Schwefelverbindungen unberücksichtigt lassen), wie die Erstarrungsgesteine, wesentlich Verbindungen von Silicium, Aluminium, Eisen, Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium mit Sauerstoff; aber sie enthalten diese Elemente in ganz anderer Vertheilung, Gruppirung und Verbindung. Diese andere Vertheilung und Gruppirung ist die durchaus naturgemässe und nothwendige Folge des grossen, sowohl mechanischen als chemischen Aufbereitungsprocesses, durch welche die Ablagerung der sedimentären Gesteine vorbereitet wurde.

Bei der Zerstörung der Erstarrungsgesteine an der Erdoberfläche schied sich zunächst alles im Wasser Auflösliche von dem nicht oder schwer Auflöslichen. Die Alkalien, Kalkerde, Talkerde und Eisen gingen grösstentheils in Lösung; Kiesel- und Thonerde wurden grösstentheils mechanisch fortgeschwemmt, z. Th. sogar als Quarzkörner, Glimmerblättchen u. s. w.

Auf diese Weise entstanden je nach den Umständen Ablagerungen von Geröllen, Sand oder Thonschlamm, während die im Wasser aufgelösten Bestandtheile durch Verdunstung oder chemische Reaction, oft vermittelt durch Organismen, Niederschläge von Kalkstein, Dolomit, Gyps, Steinsalz, Eisenoxydhydrat, Kieselerde etc. veranlassten. Die am leichtesten auflöslichen und nur in geringer Menge vorhandenen Alkalien haben sich gewöhnlich nur unter besonderen Umständen wieder abgelagert. Das Natrium z. B. mit Chlor verbunden als Steinsalz, das Kali sehr vertheilt in Sandsteine und Thongesteine; doch enthalten die letzteren zuweilen eben so viel Kali und Natron als viele Eruptivgesteine.

Alle Hauptbestandtheile der Erstarrungsgesteine sind aber auf solche verschiedene Weise wieder zur Ablagerung gelangt, nur anders vertheilt und in anderen Verbindungen als diejenigen waren, aus denen sie ursprünglich hervorgingen.

Da Kalkerde, Talkerde, Eisen und vieles Natron oft besondere Gesteine gebildet haben, so versteht sich von selbst,

dass diese in den übrigen Ablagerungen z. Th. sehr fehlen müssen, und dass deshalb die krystallinischen Schiefer, welche aus diesen letzteren durch Umwandlung entstanden, in ihrer Totalität weit weniger basische Bestandtheile enthalten als die Erstarrungsgesteine in ihrer Totalität. Die vorherrschenden metamorphischen Schiefer, wie Glimmerschiefer und Gneiss, nähern sich daher in ihrer chemischen Zusammensetzung weit mehr den eruptiven Aciditen als den Basiten. Die basischen Bestandtheile sind aber dafür oft in untergeordneten Einlagerungen zwischen ihnen vorhanden.

Sehen wir jetzt zu, wie die einzelnen Sedimentärgesteine entstanden.

Das Wasser der Flüsse schwemmt Steine aus den Gebirgen herab, rundet sie zu Geschieben, und lagert sie bei geringerem Fall an den Ufern, oder in einem See, in einer Meeresbucht, wieder ab. Sie liegen zunächst nur lose über einander, aber mit der Zeit setzt sich feineres Material als Cement zwischen ihnen fest und verkittet sie zu einem Conglomerat. Die kleineren Sandkörner, meist aus Quarz bestehend, werden etwas weiter mit fortgeschwemmt und an anderen Stellen abgelagert; es entsteht dadurch zunächst nur eine lose Sandschicht, aber durch Eindringen von thonigem, eisenschüssigem oder kalkigem Cement in die Zwischenräume der Körner, sowie durch Druck der darüber gelagerten Schichten, wird daraus endlich ein fester Sandstein. Noch etwas weiter werden die feinsten Thon- und Schlammtheilchen (Mergeltheilchen) oder zarte Glimmerblättchen mit fortgeführt, bis sie sich als Schlammschichten von etwas ungleicher Zusammensetzung ablagern. Durch Bedeckung mit neueren Ablagerungen werden die unteren mehr und mehr zusammengepresst, je nach den Umständen zu festem Thon, Schieferthon (oder Mergelschiefer) und endlich Thonschiefer. Alle diese mechanisch abgelagerten Gesteine, in so fern sie einen festen Zusammenhalt haben, befinden sich daher schon in einem veränderten Zustande, im Vergleich zu demjenigen in welchem sie abgelagert wurden. Dass sie auch mechanisch mit fortgeschwemmte Kalk- oder Dolomittheilchen, Feldspath-

körner und dergleichen enthalten können, versteht sich von selbst, und so erklären sich die Uebergänge aus Thon in Mergel, aus Sandstein in Arkose u. s. w.

Aus kalkhaltigen Quellen lagert sich vor ihren Mündungen durch Verdunstung, Abkühlung, Entweichen von Kohlensäure, oder auch durch noch andere Umstände bedingt, Kalktuff ab; aus eisenreichen, besonders an sumpfigen Stellen, Eisenocker oder Raseneisenstein; aus kieselsäurehaltigen heissen Quellen Kieseltuff und Kieselsinter. Diese sehr beschränkten, localen Gesteinsbildungen scheinen durch Ueberlagerung nur wenig Veränderung zu erleiden; sie mögen hie und da dichter geworden sein, zu Kalkstein, Brauneisenstein und einer Art Opal oder Hornstein.

Das Meerwasser unterscheidet sich vom Süsswasser der meisten Quellen, Flüsse und Landseen durch seinen grössern Gehalt an aufgelösten Bestandtheilen; unter diesen herrschen vor: Chlornatrium, Chlormagnesium, Chlorkalium, Bromnatrium, schwefelsaurer Kalk, schwefelsaure Magnesia. Durch die sehr sorgfältigen Untersuchungen Forchhammer's sind aber überhaupt im Meerwasser folgende Elemente, wenn auch z. Th. nur in sehr geringen Spuren, nachgewiesen worden: Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Stickstoff, Silicium (als Kieselsäure), Bor, Silber, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, Aluminium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Natrium, Kalium; dazu kommen aber noch, als von Anderen bereits nachgewiesen, Arsen und Lithium, also 29 oder so ziemlich die Hälfte aller bekannten Elemente. In jenen vorherrschenden Salzen enthält das Meer jedenfalls die Elemente für Ablagerungen von Kalkstein, Dolomit, Gyps, Steinsalz und noch einigen anderen Salzen, und jeder Niederschlag der aus ihm erfolgt, wird stets ersetzt durch das Wasser der einströmenden Flüsse, welche dieselben Bestandtheile — wenn auch in fast unmerklicher Quantität — aufgelöst enthalten, besonders Chlornatrium und schwefelsauren Kalk. Das reine Wasser kehrt durch Verdunstung stets wieder zum Lande zurück, und holt sich im Erdinnern neue

Digitized by Google

Bestandtheile. Erfolgten keine Ablagerungen im Meere, so müsste sein Mineralgehalt stets zunehmen.

Die Kalkerde, welche am meisten als schwefelsaure, jedoch auch als kohlensaure Verbindung im Meere vertreten ist, scheint vorzugsweise durch Organismen ausgefällt zu werden, durch mikroskopische Pflanzen und durch Thiere, welche letztere sich Schalen, Gehäuse oder Knochen daraus bauen, deren massenhafte Anhäufung dann Kalkschlamm bildet, aus welchem, durch Einwirkung von Druck, Kreide und dichter Kalkstein wird. Gerade die kleinsten, kaum sichtbaren Organismen: Foraminiferen, Polythalamien und Zoophyten tragen am meisten zu dieser Kalksteinbildung bei. Von den Korallen wusste man das schon lange, wenn auch erst Darwin den Vorgang der Entstehung von Koralleninseln befriedigend aufgeklärt hat. Die Zusammensetzung der Kreide aus lauter kleinen Thierschalen wies zuerst Ehrenberg nach, nachdem er im Jahre 1836 den organischen Ursprung der staubartig zusammengesetzten Kieselgesteine, wie Kieselguhr, Trippel- und Polirschiefer, erkannt hatte. Seitdem weiss man nun von sehr vielen Gesteinen, dass sie wesentlich aus Anhäufungen organischer Reste bestehen, und von anderen muss man vermuthen, dass die organischen Formen durch Druck- und Zeitwirkung nur unerkennbar geworden sind, so für viele dichte Kalksteine, für manche Hornsteine und dergleichen. Selbst in einige Sandsteine hinein, namentlich in die mit grünen Körnchen, sind die organischen Formen als sehr kleine Steinkerne von gekammerten Thierschalen verfolgt worden. Die kalkigen Gesteine solchen Ursprungs sind Meeresablagerungen, die kieseligen dagegen meist Süsswasserbildungen. Diese organischen Ablagerungen schliessen indessen keineswegs aus, dass das Meer auch auf andere Weise Kalkschlamm ablagern könne, durch chemische Reaction oder durch eingeschwemmte Kalktheilchen.

Ueber die Gesteinsablagerungen aus dem Meere hat Heer in seiner Urwelt der Schweiz eine vortreffliche Stelle, die ich hier wörtlich aufnehme. „Wo grosse Flüsse ins Meer einmünden, führen diese eine Masse Materiales demselben zu, dessen Be-

schaffenheit von dem Lande abhängt, aus welchem der Fluss sein Wasser bezieht. Ist es mit einer reichen Vegetation bedeckt, so wird er eine Masse organischer Substanz enthalten, welche dem sich absetzenden Schlamme eine dunkle Färbung verleihen wird; ist es dagegen eine Sandwüste, so wird auch das ihr entströmende Gewässer nur Sand dem Meere zuführen; kommt es aus einer felsigen Gegend, so wird es eine Menge Steine mitnehmen, die auf dem Wege sich abrollend als rundliche Geschiebe im Meere sich absetzen werden, und zwar in der Weise, dass die grössten Stücke zuerst liegen bleiben. Diese in fester Form dem Meere zugeführten Mineralien werden immer in der Nähe der Flussmündungen abgelagert werden, daher hier die Mächtigkeit der Felsen, welche allmälig aus denselben entstehen, grossem Wechsel unterworfen ist. Die Flüsse enthalten auch eine Menge Mineralstoff im aufgelösten Zustande, namentlich Kieselsäure und Kalkerde, und dieser vertheilt sich gleichmässig im Ocean, wie denn auch durch die Seeströmungen die an den Küsten abgelagerten Mineralmassen weithin verbreitet werden können. Auch in dem weit vom Festland entfernten Gegenden des Oceans bilden sich daher ohne Unterbruch Niederschläge, welche den Seeboden allmälig erhöhen. Es sind dabei aber auch die Pflanzen und Thiere thätig, in den oberen Meereszonen voraus die Nulliporen, Muscheln und Korallen, in der Abgrundzone die mikroskopisch kleinen Diatomaceen, Polythalamien und Zellenthierchen, welche zu Myriaden erscheinen und die Fällung der Kiesel- und Kalkerde vermitteln. In der hohen See werden daher die Niederschläge aus einem feinen Schlamm bestehen und einen feinkörnigen Fels einst bilden, der als Schlammfels bezeichnet werden kann; dasselbe wird auch geschehen in der Nähe der Küste, wo ein ruhiger Niederschlag stattfindet; wo aber Flüsse einmünden, wird je nach der Natur des Areales, dem sie entströmen, Sandstein, Geröllfelsen (Nagelfluh) oder Mergel entstehen; da wo die Schnecken- und Muschelvölker sich niedergelassen nnd wo die Polypen ihre Bauten aufgeführt haben, Muschel- und Korallenkalk. Im tiefen und offenen Meere

wird daher immer in der Felsbildung eine grössere Einfachheit und Gleichförmigkeit stattfinden als im Seichtwasser und in der Nähe des Festlandes. Es hat dies auch auf die Mächtigkeit der Absätze grossen Einfluss; es ist klar, dass diese in der Nähe der Flussmündungen am grössten werden muss, dass aber auch im offenen Ocean, in den Thälern und Kesseln sich grössere Massen absetzen werden als an den Abhängen der Berge, besonders wo Seeströmungen am Ufer gebildete Niederschläge auch aus weiten Fernen herbeiführen." So erklären sich zugleich die ungleichen Mächtigkeiten gleichzeitiger Formationen und ihre ungleichen Facies, auf die ich im nächsten Abschnitt zurückkomme.

Steinsalz, Gyps, Anhydrit und einige andere weniger massenhaft auftretende Salze sind entschieden als chemische Niederschläge durch locale Verdunstung oder durch z. Th. vielleicht noch unbekannte chemische Reactionen anzusehen, wie das ganz neuerlich an dem Beispiel des über 1000 Fuss mächtigen Stassfurther Steinsalzlagers sehr überzeugend durch F. Bischof nachgewiesen worden ist, in welchem besonderen Falle sich sogar bestimmte Zeitperioden der Ablagerung und eine Reihenfolge der Salze nach ihrem Löslichkeitsgrade nachweisen lassen; nur ist die letztere (die Reihenfolge) am Schlusse durch eine mächtige Gypsbildung überdeckt, die folglich den Beginn einer Wiederholung des Vorganges andeutet.

Diese krystallinischen Meeresablagerungen haben durchschnittlich viel weniger auffallende Umwandlungen erlitten als die mechanischen und selbst als die meisten eruptiven Gesteine. Ich spreche hier nicht von Auflösung, Verbindungen mit Wasser, Kohlensäure und dergleichen, sondern von jenen langsamen Verdichtungs- und Krystallisationsprocessen, von denen vor Allem die thonigen und sandigen Sedimente betroffen worden sind, und die den Uebergang in krystallinische Schiefer vermitteln. Darum kann man auch diesen Gesteinen noch viel weniger ihr geologisches Alter ansehen als jenen. Tertiärer Gyps und tertiäres Steinsalz sehen gerade so aus wie die ältesten Bildungen der Art. Dafür sind sie wegen ihrer verhält-

nissmässig leichten Löslichkeit z. Th. ganz wieder zerstört, und ihr Material hat dann zu neuen Ablagerungen ähnlicher Art beigetragen. Dadurch erklärt sich zugleich, warum man zwischen den älteren Sedimentärgesteinen durchschnittlich weniger Gyps, Anhydrit und Steinsalz findet als zwischen den neueren, und warum diese Salze zwischen den meist noch älteren metamorphischen Schiefern fast ganz fehlen, während sie doch wahrscheinlich in allen Perioden gebildet wurden. Die leichte Auflöslichkeit dieser Gesteine und die Volumenvermehrung bei der Umwandlung von Anhydrit in Gyps, haben Einstürzungen, Aufblähungen und andere Störungen der Lagerungsverhältnisse hervorgebracht, welche vor Zeiten zu der Idee verleiteten, diese Gesteine könnten eruptiver Entstehung sein. Seit einigen Jahrzehnten denkt daran aber wohl kein Geolog mehr.

Ist die Hypothese vom atmosphärischen Ursprung des Chlors richtig, so muss die erste Steinsalzbildung sehr frühe eingetreten sein, und nachdem der Chlorgehalt der Luft grösstentheils absorbirt war, konnte eine Neubildung dieses Salzes im Grossen nicht mehr stattfinden, sondern immer nur als Translocirung durch Auflösung aus den älteren Schichten und Wiederablagerung in neueren. Mit dem Gyps scheint es sich ähnlich zu verhalten.

Auch der kohlensaure Kalk und Talk ist nach dieser Theorie nirgends ein ganz ursprüngliches Product der Erdbildung; die Erstarrungsgesteine enthalten nur Kalkerde und Talkerde, die Kohlensäure trat erst aus der Atmosphäre hinzu.

Kohlenlager entstanden zu allen Zeiten der sedimentären Periode durch Anhäufung von Pflanzensubstanz, sei es nun in Torf- oder Sumpfbildungen an der Stelle des Wachsthums, oder durch Zusammenschwemmen in Wasserbecken, Landseen oder Meeresbuchten. Erst durch sehr allmälige Umwandlung wurde aus der ursprünglichen Pflanzensubstanz Braunkohle, Schwarzkohle, Anthrazit oder Graphit. Diese Reihe ist daher zugleich die gewöhnliche Altersreihe, die aber Ausnahmen erlitt, wo besondere Einwirkungen stattfanden. Wenn es eine Zeit lang schien, als habe die Kohlenablagerung in bestimmten geologischen Perioden besonders ausgedehnt und energisch statt-

gefunden, so dass man diese Perioden sogar danach benannte, so hat man nun doch bereits so viele Kohlenablagerungen kennen gelernt welche den Zwischenzeiten angehören, dass selbst für den bis jetzt geologisch bekannten Theil der Erde kaum noch allgemeine Kohlenbildungszeiten streng unterschieden werden können. Bedenken wir aber, dass weit über $^7/_8$ der Erdoberfläche theils vom Meere bedeckt, theils geologisch unbekannt sind, so wird jenes durch locale Beobachtungen hervorgerufene Vorurtheil um so unhaltbarer.

Auch die vulkanischen Tuffbildnngen müssen den sedimentären Gesteinen zugerechnet werden, denn obwohl das Material derselben grösstentheils von Vulkanen ausgeschleudert ist nnd aus Lavatheilen besteht, so ist doch die Ablagerung nach Art der sedimentären Gesteine erfolgt, und nicht selten enthalten sie organische Reste ihrer Bildungsperiode. Es könnte auffallend erscheinen, dass die vulkanischen Tuffe, obwohl es ganz mechanische Ablagerungen sind, zuweilen sehr ausgezeichnete Krystalle von Augit, Feldspath, Leucit und dergleichen enthalten. Diese Krystalle erstarrten offenbar in der noch flüssigen Lava des Kraterschlundes, und wurden mit der zerstäubten Flüssigkeit, der sogenannten vulkanischen Asche, ausgeschleudert. Diese Erscheinung erläutert zugleich die Entstehung der porphyrartigen Textur der Laven: wären diese eben besprochenen Massen nicht im losen Zustande, als sogenannte vulkauische Asche, ausgeschleudert worden, so würden sie zu porphyrartiger Lava erstarrt sein.

Nicht blos an den thätigen Vulkanen kennen wir Tuffe, sondern auch an den erloschenen, und selbst aus sehr alten Zeiten herrührende, dergestalt dass sie parallele Einlagerungen zwischen den übrigen Ablagerungen der Trias-, Kohlen- und Grauwackenperiode bilden.

Man hat lange Zeit die Meinung gehegt, dass in den verschiedenen geologischen Perioden, oder doch wenigstens in einzelnen derselben, besondere Arten von Sandstein, Kalkstein und dergleichen abgelagert worden seien, so dass man das Alter dieser Gebilde schon aus ihrer Beschaffenheit erkennen könne.

6*

Darauf beruhen sogar ursprünglich viele Benennungen von Gesteinen, wie Jurakalk, Muschelkalk, Buntsandstein, Grauwackenschiefer etc. Das war ein für die Entwickelung der Geologie offenbar recht störendes Vorurtheil, welches auch jetzt noch geeignet ist, den Anfänger zu verwirren.

Es mag sein, dass sich in ungleichen Zeiträumen nie ganz genau dieselben Ablagerungsbedingungen wiederholt haben, und dass folglich alle ungleich alten Ablagerungen ein wenig von einander verschieden sind; das gilt aber in demselben Grade für zwei von einander entfernte Gegenden in derselben Zeit, und keines der abgelagerten Gesteine trägt irgend ein zuverlässiges Kennzeichen seines Alters an sich. Es besteht keine bestimmte Altersreihe für die verschiedenen sedimentären Gesteinsarten oder Varietäten. Analoge Bedingungen und Ablagerungen haben sich vielmehr in allen geologischen Perioden mit unwesentlichen und örtlich verschiedenen Modificationen wiederholt, und wenn dennoch die Gesteine der älteren Ablagerungen durchschnittlich etwas verschieden von denen der neueren und neuesten sind, so ist das durchaus nur auf Rechnung der Umwandlung zu schreiben, welche in der Regel die älteren Schichten stärker betroffen hat als die neueren, — eine Regel die aber viele Ausnahmen erleidet.

Wir ersehen aus dem Allen, dass die ausnehmende Mannigfaltigkeit der sedimentären Gesteine das Resultat von zwei ganz verschiedenen Hauptursachen ist. Zuerst von der ursprünglich ungleichen Zusammensetzung in Folge der chemischen Auflösungs- und mechanischen Aufbereitungsprocesse; dann aber von dem ungleichen Grade späterer Veränderung.

Eine grosse Zahl von sedimentären Gesteinen welche besondere Namen erhalten haben, sind in Wirklichkeit nur ungleiche Umwandlungsstadien derselben Masse, die man, wenn ihr erster Zustand noch erhalten wäre, gar nicht verschieden benannt haben würde. Solche Beispiele sind z. B. Thon, Schieferthon und Thonschiefer; Quarzsand, Quarzsandstein und Quarzit; Braunkohle, Schwarzkohle, Anthrazit und Graphit; erdiger, dichter und körniger Kalkstein.

Nur wenige, und in der Regel nur sehr neue Sedimentärgesteine befinden sich in demselben Zustande in welchem sie abgelagert wurden. Die meisten sind mehr oder weniger verändert; sie sind z. B. dichter, fester, schiefriger oder krystallinischer geworden; sie haben früher vorhandene Bestandtheile verloren oder neue aufgenommen, und neue Verbindungen der vorhandenen sind in ihnen eingetreten. Aenderungen der Verbindungen oder des Molecularzustandes, wie sie bei organischen Stoffen verhältnissmässig schnell eintreten, scheinen auch bei unorganischen, nur weit langsamer, stattzufinden.

Es ist ganz in der Ordnung, dass man so ungleiche Zustände, wenn auch zuweilen derselben Masse, möglichst unterscheidet und nicht als Einerlei betrachtet, nur muss man sich dabei stets ihres Ursprunges bewusst bleiben, und darf sie auch nicht für sichere Merkmale des Alters halten. Zu keiner Zeit sind Sandstein, Thonschiefer, Steinkohle etc. als solche abgelagert worden; ihren jetzigen Zustand verdanken diese alle einem mehr oder weniger langsamen Umwandlungsprocess. Weil aber dabei Dauer und Energie der Einwirkung sich in gewissem Grade ersetzen, so lässt sich aus der Stärke der Umwandlung nicht sicher auf das Alter des Gesteines schliessen.

Metamorphische Gesteine.

Jeder unbefangene Beobachter wird zugeben, dass zwischen gewissen sedimentären Gesteinen und einigen krystallinischen Schiefergesteinen vollständige Uebergänge bestehen, dergestalt, dass man zwischen ihnen keine scharfe Grenze ziehen kann. Das ist sehr begreiflich, wenn die betreffenden krystallinischen Schiefer als besonders stark veränderte Sedimentärgesteine anzusehen sind. Den Ausdruck „metamorphisch" pflegt man auf die ersteren erst dann anzuwenden, wenn die Umwandlung einen einigermaassen krystallinischen Zustand hervorgebracht hat, so dass nun das veränderte Gestein nicht nur wesentlich anders aussieht, sondern auch wirklich mineralogisch

anders zusammengesetzt ist als das unveränderte. Aus den mechanischen Gemengen von Thon und Quarz, etwas Kalkerde, Talkerde, Eisenoxyd und Alkalien sind krystallinische Aggregate von Quarz, Glimmer, Feldspath und Hornblende hervorgegangen, d. h. Thonglimmerschiefer, Glimmerschiefer, vieler Gneiss, Hornblendeschiefer u. s. w., die aber alle nur die Extreme solcher Umwandlungsreihen darstellen, wie sie innerhalb der Sedimentärgesteine in geringerem Grade vielfach vorliegen.

Thon, Schieferthon, Thonschiefer, thoniger und mergeliger Sandstein sind in der grossen Reihe der sedimentären Ablagerungen bei weitem die vorherrschenden Gesteine; selbst die Kalksteine spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle, und treten nur durch ihre festere Beschaffenheit, ihre Felsenbildung, sowie durch andere Eigenschaften, hie und da besonders auffallend hervor. Wollte man versuchen, alle sedimentären Schichten eines grösseren Erdtheils nach ihrer Mächtigkeit und Verbreitung zu bestimmen und zu messen, so würde sich unstreitig ergeben, dass die Kalksteine, Dolomite, Gypse, Eisensteine, Kohlen und dergleichen nur einen verhältnissmässig geringen Theil der gesammten Sedimentärmasse bilden. Darum brauchen wir uns auch nicht darüber zu wundern, dass die krystallinischen Schiefer, die wesentlich aus thonigen und sandigen Ablagerungen hervorgingen, und die nun durch ihre Festigkeit und ihren krystallinischen Zustand eine ganz andere, weit auffallendere Rolle spielen als jene thonigen und sandigen Ablagerungen, meist gewissermaassen nur untergeordnete Einlagerungen von körnigem Kalkstein, Dolomit, Eisenstein u. s. w. enthalten. Bei ihnen hat sich das Festigkeitsverhältniss z. Th. umgekehrt; die krystallinischen Schiefer sind fester und widerstandsfähiger geworden als die Kalksteine oder Dolomite. Es kommt dazu noch der Umstand, dass die krystallinischen Schiefer vorherrschend als die Umwandlungsproducte der ältesten Ablagerungen anzusehen sind; da aber die Bildung von ausgedehnten Kalksteinablagerungen schon die Anwesenheit von zahlreichen Organismen voraussetzt, sowie die von Kohlenlagern

das Pflanzenleben, — während doch der Prozess der Ablagerungen überhaupt früher begann als sich ein solches organisches Leben über die Erde verbreitet hatte — so ist es leicht begreiflich dass die allerältesten krystallinischen Schiefer keine untergeordneten Einlagerungen enthalten welche ihre Entstehung Organismen verdanken. Da indessen Kalksteine und Dolomite auch ohne Mitwirkung von Organismen entstehen können, so ist ihre Anwesenheit selbst in den allerältesten Ablagerungen nicht vollständig ausgeschlossen. Danach mögen wirklich die allerältesten, jetzt metamorphischen Ablagerungen weniger Kalksteine und Kohlen enthalten haben als die späteren; Gyps und Steinsalz aber sind aus ihnen, wo sie vorhanden waren, grösstentheils wieder ausgewaschen.

Abgesehen von den schwer bestimmbaren quantitativen Verhältnissen findet man indessen zwischen den krystallinischen Schiefern, wie Gneiss, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer und Talkschiefer, z. Th. ganz solche untergeordnete Einlagerungen wie sie sich aus vorgeschrittener Umwandlung der sedimentären Ablagerungen erwarten lassen, nämlich körnigen Kalkstein, körnigen Dolomit, seltener Gyps, Graphit, Eisenstein, Quarzit u. s. w., und wo solche vorhanden sind, da erscheint das allein schon als genügender Beweis für die stattgehabte Umwandlung, während, wo sie fehlen, dieser Umstand für sich allein noch kein Beweis des Gegentheils ist.

Da aber manche Gneisse und Granulite entschieden eruptiver Entstehung sind, andere vielleicht von der ersten Erstarrung der Erdoberfläche herrühren können, so tritt für diese Gesteine die sehr schwierige Aufgabe einer Trennung nach dem Ursprung an uns heran. Die Aufgabe wird dadurch noch schwieriger, dass der Prozess der Umwandlung möglicher Weise mit theilweiser Erweichung der Masse und in Folge davon mit eruptiven oder injectiven Erscheinungen derselben verbunden sein konnte.

Ehe ich darauf weiter eingehe, dürfte es zweckmässig sein, den wahrscheinlichen Vorgang der Umwandlung zu beleuchten. Es sind gar vielerlei Lösungen dieses Problems versucht worden:

durch den Contact mächtiger Eruptivmassen, wobei die vorausgesetzte Ursache gar nicht im Verhältniss zur Wirkung steht; durch mysteriöse innere Gährungsprocesse; durch Wasser, welches die Masse durchdrang und chemische Umwandlungen bedingte.

Es ist nicht meine Absicht, diese Erklärungsversuche hier eingehend zu besprechen, ich werde vielmehr nur die eigenen Ansichten darüber, welche übrigens von vielen Geologen getheilt werden, in aller Kürze vortragen.

Die Bildung der metamorphischen krystallinischen Schiefer, als deren Hauptrepräsentanten wir den Glimmerschiefer ansehen können, ist nur das Endglied oder letzte Resultat derselben grossen Umwandlungsreihe, die wir in der Gesammtheit der sedimentären Gesteine beobachten, hervorgebracht durch lange dauernde Einwirkung starken Druckes und erhöhter Temperatur. Der Grad des ersteren oder der letzteren lässt sich nicht messen; Zeit wird auch in diesem Falle die Energie des Vorganges einigermaassen ersetzen können.

Der Druck war eine nothwendige Folge neuer mächtiger Ueberlagerungen, die natürlich nur eintreten konnten, wo eine starke Senkung stattgefunden hatte. Die Temperaturerhöhung war eine ebenso nothwendige Folge des durch Senkung und Ueberlagerung bewirkten Hinabrückens in die Tiefe, in das Erdinnere. Beide Vorgänge sind an sich unzweifelhaft, nur über die Wirkung die man ihnen zuschreibt, könnten noch Zweifel bestehen. Die beobachteten Lagerungsverhältnisse und die unmerkbaren Uebergänge sprechen vollständig zu Gunsten der Annahme, denn jederzeit finden wir, dass die krystallinischen Schiefer von anderen Ablagerungen einst stark bedeckt waren oder noch sind. Für den Glimmerschiefer sind die Materialien in den thonig-sandigen Gesteinen reichlich vorhanden, beim Gneiss ist das Hinzukommen der Alkalien für die Feldspathbildung etwas auffallend. Spuren von Alkalien enthalten aber auch die meisten thonig-sandigen Ablagerungen, und viele Thonschiefer sind so reich daran, dass recht gut ohne Zutritt neuer Substanz Gneiss daraus entstehen konnte.

Digitized by Google

Man vergleiche nur die in Roth's trefflicher Uebersicht zusammengestellten Gesteinsanalysen; zwischen manchem Gneiss und manchem Thonschiefer ist kein wesentlicher Unterschied, und v. Bibra fand in mehr als hundert verschiedenen Sandsteinen Kali und Natron (N. Jahrb. f. M. 1863, S. 227). Es mag indessen zugegeben werden, dass für ausgedehnte feldspathreiche Gneissgebiete hinreichend alkalihaltige Sedimente nicht nachgewiesen werden können, und es ist vielleicht auch noch kein befriedigender Weg angegeben worden, auf welchem der Zutritt der nöthigen Alkalien erfolgt sein könnte. Wir dürfen aber dabei nicht vergessen, dass eben nicht aller Gneiss sedimentären Ursprungs ist, sondern nur ein, leider noch nicht genau bestimmbarer Theil desselben, dass also auch nur für den metamorphischen Theil der Alkaliengehalt zu erklären ist. Weit beschränkter sind in ihrer Verbreitung die metamorphischen Hornblendeschiefer; ein geringer Kalk- und Talkgehalt der thonig-sandigen Sedimente genügt wohl zu ihrer Erklärung und findet sich häufig. Chloritschiefer und Talkschiefer lassen noch Einwirkungen und Umwandlungen anderer Art vermuthen, auf die ich später komme.

Selbstverständlich ist, dass die ersten Sedimentbildungen schon auf einem festen Boden abgelagert werden mussten, und es kann daher die Frage entstehen, wo dieser Boden zu suchen sei, wenn die krystallinischen Schiefer, die durchschnittlich als die nachweisbar ältesten Gesteinsbildungen auftreten, meist selbst aus den ersten Ablagerungen entstanden sein sollen. Nun, von diesem Ablagerungsboden der ersten Erstarrungskruste mögen schwer unterscheidbare Reste noch als Gneiss oder Granit vorhanden, ein grosser (vielleicht der grösste Theil derselben) dürfte aber unter sehr starker Bedeckung wieder eingeschmolzen und z. Th. eruptiv geworden sein.

Beobachtbar können solche in der Tiefe — im Erdinnern — durch Umwandlung entstandene Gesteine natürlich erst sehr lange nach ihrer Metamorphose werden, durch Erhebung und theilweise Absptülung. Die beobachtbaren müssen daher stets ziemlich alt sein. Alle neuen sind verborgen.

Digitized by Google

Der Glimmerschiefer mit seinen Varietäten und untergeordneten Einlagerungen ist somit gewissermaassen als das Centrum der metamorphischen Schiefer anzusehen, der Gneiss mit seinem Zubehör, als die Grenze in welcher sich die metamorphischen und die Erstarrungsgesteine begegnen. Wäre es möglich, diese Grenze innerhalb der Gneissbildung scharf zu bezeichnen, dann würde es zweckmässig sein die Erstarrungsgneisse von den metamorphischen, zum Glimmerschiefer gehörigen, durch eine andere Benennung zu trennen; ich möchte vorschlagen, die ersteren Gneissite, die letzteren wie bisher Gneisse zu nennen; vorläufig lässt sich diese Trennung aber nur in einzelnen besonders deutlichen Fällen vornehmen, z. B. wenn die eruptive Entstehung des Gneissites deutlich nachweisbar ist.

Der Gneiss, welcher eine so wichtige und z. Th. noch so problematische Rolle im Erdbau spielt, hat in neuester Zeit zu vielseitigen besonderen Untersuchungen Veranlassung gegeben, deren Hauptresultate sehr beachtenswerth sind.

C. Naumann hatte schon 1836 den Gneiss von Mobendorf in Sachsen (Erläuterungen I. 78) für jünger als Grauwacke und für sehr räthselhafter Entstehung erklärt; 1843 beschrieb ich im N. Jahrbuch f. M. S. 175 Thonschieferfragmente im Gneiss vom Goldberg bei Goldkranach im Fichtelgebirge, 1844 rothe Gneissgänge im grauen Gneiss bei Freiberg (S. 681). H. Müller unterschied in Folge neuer Untersuchung der erzgebirgischen Gneisse zwei wesentliche Verschiedenheiten derselben, die er rothen und grauen Gneiss nannte. Diese Benennung nach der vorherrschenden Färbung ist seitdem sehr allgemein angenommen worden, obwohl die Färbung für beide Abtheilungen nicht in allen Fällen constant ist. Der rothe Gneiss zeigte sich besonders häufig deutlich eruptiv; Müller wies eine Anzahl von Durchsetzungen mit Bruchstücken des grauen Gneisses im rothen nach, woraus die eruptive Entstehung des letzteren deutlich hervorging.

Seit dem Jahre 1857 begann Th. Scheerer die Gneisse des Erzgebirges und einiger anderer Gegenden einer genauen

chemischen Untersuchung zu unterwerfen, und mit granitischen Gesteinen zu vergleichen. Durch sorgfältige Bauschanalysen, für die meist grosse Massen pulverisirt worden waren, bestimmte er theils alle Bestandtheile, theils durch eine neue Methode—sogenannte Schmelzproben—wenigstens den so wichtigen Kieselsäuregehalt. Die Resultate dieser Arbeiten sind in einer besonderen Abhandlung über die Gneisse des Erzgebirges 1862 mitgetheilt worden. Eine Fortsetzung und Vervollständigung derselben findet sich in der Festschrift zum Jubiläum der Freiberger Akademie 1866.

Diese chemischen Untersuchungen gingen zunächst von den bereits geologisch geschiedenen grauen und rothen Gneissvarietäten aus. Diese Trennung ward dadurch, wenn auch mit etwas anderer Abgrenzung, vollständig bestätigt, und es ergab sich überdies eine sehr merkwürdige Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung mehrerer charakteristischer Varietäten beider Gesteine. Hiernach lassen sich beide, wie folgt von einander unterscheiden.

Grauer Gneiss.	Rother Gneiss.
Kieselsäuregehalt 64—67 Proz.	Kieselsäuregehalt 74—76 Proz.
Besteht aus Orthoklas oft mit etwas Oligoklas, Quarz und viel dunklem Glimmer.	Besteht aus Orthoklas, Quarz und wenig hellem Glimmer.

Die grosse Uebereinstimmung von mehreren sehr genauen Analysen veranlasste Scheerer, diese Gesteine als das Resultat bestimmter chemischer Verbindungen anzusehen, und er berechnete dafür chemische Formeln. Der graue Gneiss, welcher sehr charakteristisch durch den Freiberger Normalgneiss vertreten wird, ist hiernach ein neutrales, der rothe Gneiss dagegen ein saueres Silikat (Anderthalbsilikat). Es wäre gewiss sehr merkwürdig, wenn deutlich aus drei Mineralien gemengte eruptive oder metamorphische Gesteine eine so constante, einer chemischen Formel entsprechende Zusammensetzung hätten,

wie einfache Mineralien, — möchte nun ihre Entstehung sein welche sie wollte. Die Frage liegt nahe: warum ist aus einer solchen Verbindung nicht ein einfaches Mineral hervorgegangen? warum hat sie sich in drei Mineralien getrennt? Der Mangel einer Antwort auf diese Frage würde aber noch kein Grund gegen die Thatsache sein.

Unter den 16 genau ausgeführten Analysen erzgebirgischer Gneisse befanden sich indessen vier (wobei ein Granit) die weder mit dem grauen noch mit dem rothen Gneiss hinreichend übereinstimmten; diese Gesteine wurden vorläufig mittlere Gneisse genannt. Sie nähern sich in ihrem Kieselsäuregehalt und in ihrer mineralogischen Zusammensetzung beiden Extremen, oder stehen vielmehr zwischen ihnen. Ihr Kieselsäuregehalt schwankt zwischen 68,89 und 71,13 Prozent. Dadurch wird nun allerdings der grosse Sprung des Kieselsäuregehalts zwischen grauem und rothem Gneiss etwas ausgefüllt; es bleiben nur noch kleine Unterschiede zwischen den drei Gneissarten, die z. Th. schon kleiner sind als die Schwankungen innerhalb derselben, und für die es deshalb zweifelhaft bleiben mag, ob sie nicht durch fernere Analysen gänzlich ausgefüllt werden.

Nicht unerwähnt darf hier bleiben, dass die Fortsetzung der geologischen Untersuchungen des erzgebirgischen Gneisses durch H. Müller zur Aufstellung einer dritten Varietätengruppe, oder besser geologischen Gruppe des Gneisses veranlasst hat, die Müller amphoteren Gneiss nennt, die aber nicht dem oben erwähnten mittleren Gneiss entspricht, wie denn überhaupt eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der geologischen und chemischen Untersuchungen auf diesem Gebiet noch nicht hat erreicht werden können.

Aus dem Allen ergiebt sich, dass eine sichere, allgemein gültige Unterscheidung der Gneissarten nach ihrem verschiedenen Ursprung bis jetzt noch nicht durch die blosse mineralogische oder chemische Untersuchung möglich gewesen ist, sondern stets nur eine Entscheidung für den einzelnen Fall, und zwar durch die Lagerungsverhältnisse, wo diese deutlich genug

aufgeschlossen sind. Noch weniger lässt sich das relative Alter irgend eines Gneisses aus seinem Zustand erkennen, und das Gestein bildet in dieser Beziehung keine Ausnahme von den anderen Gesteinen.

Im Vorstehenden wurde nur die plutonische Metamorphose der Gesteine besprochen, die man mit v. Heidinger als eine katogene bezeichnen kann. Ausser dieser finden aber unter ganz anderen Umständen eine Menge Veränderungen statt, dergestalt, dass man eigentlich nur selten ein Gestein, dessen Bildung nicht der neuesten Zeit angehört, im völlig unveränderten Zustand vorfindet.

Ein sehr allgemeiner Vorgang ist derjenige, welchen man Verwitterung oder Zersetzung zu nennen pflegt, hervorgebracht durch die Einwirkungen der Luft (irgend einer Gasart) oder des Wassers. Er bildet den Gegensatz zu der plutonischen Metamorphose, nach v. Heidinger die anogene Reihe der Umwandlungen. Die gewöhnliche Verwitterung an der Oberfläche, welche wesentlich in höherer Oxydation, Hydratbildung und Auslaugung mancher Bestandtheile besteht, brauche ich hier nicht zu besprechen. Etwas ganz Aehnliches dringt aber offenbar weit tiefer und viel mehr in das Innere der festesten Gesteine ein, als man früher anzunehmen pflegte. Die Untersuchungen von G. Bischof, Zirkel und Laspeyres haben gezeigt, dass auch ganz im Innern der Gesteine zahlreiche Um- und Neubildungen von Mineralien stattgefunden haben und noch stattfinden, wodurch ihr Zustand zuletzt sehr wesentlich verändert wird. In vielen eruptiven Silikatgesteinen bilden sich dadurch Carbonate und Zeolithe, die ursprünglich als solche gar nicht vorhanden waren. Aus Augit und Hornblende bildet sich Magneteisenerz, Grünerde und Epidot; aus Sanidin wird Orthoklas; kieselsaures Eisenoxydul wird zu Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat verändert. Eine ganz besonders wichtige Rolle scheint aber bei solchen Umänderungen die Talkerde zu spielen, welche wir ja auch so ungemein häufig als den vorherr-

schenden oder charakteristischen Bestandtheil vieler Afterkrystallo antreffen. Es unterliegt keinem Zweifel mehr, dass aller Serpentin welcher als Gestein auftritt, ein Umwandlungsproduct aus verschiedenen anderen Gesteinen ist, z. B. aus Gabbro, aus sogenanntem Melaphyr oder selbst aus Granit, Granulit, Gneiss u. s. w. Ebenso ist es höchst wahrscheinlich, dass Chlorit und Talk im Chloritschiefer, Talkschiefer, Diabas u. s. w. nicht ursprüngliche, sondern secundäre Bildungen sind, und ebenfalls nicht Folgen jener echt plutonischen Metamorphose. Selbst einige Dolomite scheinen mehr Talkerde aufgenommen zu haben, als sie ursprünglich enthielten. Ich werde indessen auf diesen Gegenstand bei der Besprechung von G. Bischof's Ansichten nochmals zurückkommen.

Hieran reiht sich auch am besten eine sehr merkwürdige Umwandlung von Granit in ein eigenthümliches, schwarzes, zinnhaltiges Zwittergestein an, welche ich 1859 (Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860 S. 1) durch geologische Beobachtung nachwies, und die nachher durch chemische Untersuchungen vollständig bestätigt wurde. Der feinkörnige Granit ist bei Altenberg in Sachsen durch irgend eine zugleich zinnhaltige Solution, die ihn von unzähligen Klüften aus durchdrang, local in das Zwittergestein umgewandelt, in welchem man keinen der Granitbestandtheile mehr deutlich erkennt, und welches durch diesen Vorgang circa drei Prozent Kieselsäure, zwei Prozent Kali und ein Prozent Natron verloren, dafür aber vier Prozent Eisenoxydul und 0,6 Zinn aufgenommen hat. Dergleichen Umwandlungen mit mancherlei Modificationen scheinen bei der Bildung vieler Zinnerzlagerstätten stattgefunden zu haben. Schörlschiefer oder Schörlfels, Topasfels, und vielleicht auch Greisen, sind wohl durch ähnliche Vorgänge entstanden. Doch sind diese Umwandlungen noch für keinen anderen Fall so bestimmt nachgewiesen, als für das Zwittergestein von Altenberg. Dass wir das Nebengestein der Erzlagerstätten sehr oft besonders stark verändert finden, ist eine bekannte Thatsache.

Zuletzt möchte hier noch derjenigen räumlich sehr untergeordneten Gesteinsveränderungen gedacht werden, welche sich

oft an den Grenzen eruptiver Gesteine finden, die man daher mit vollem Rechte Contactbildungen nennen darf, und die zwar zuweilen, aber keineswegs allemal, vorherrschend Folgen hoher Temperatur sind. Kreide, dichter Kalkstein oder Dolomit sind dadurch in krystallinisch-körnigen Zustand versetzt, so z. B. neben den Basaltgängen an den Küsten der Insel Rathlin, neben dem Syenitgranit von Predazzo und Monzon, und neben dem Banatitgestein im Banat. Dabei hat sich auch Granatfels gebildet, z. B. bei Oravicza, und wahrscheinlich an manchen anderen Orten. An den Rändern grosser Granitmassen findet man zuweilen den Thonschiefer in Fleck- oder Knotenschiefer, in Chiastolithschiefer, sogenannten Hornfels oder Blatterstein umgewandelt. Aehnliches beobachtet man auch neben Grünsteinen.

Als ganz locale Gesteinsumbildungen, die man einigermaassen ebenfalls als Contactbildungen bezeichnen kann, sind die Ziegelbildungen, Verschlackungen und Verglasungen des Schieferthones und Sandsteines durch brennende Kohlenlager anzusehen, welche gemeinsam als Erdbrandproducte bezeichnet zu werden pflegen.

Hauptresultate.

Die wesentlichsten Fortschritte im Gebiete der Gesteinslehre glaube ich im Vorstehenden dargelegt zu haben, wenn auch dabei nicht jedes einzelne Gestein seine besondere Berücksichtigung finden konnte. Sie bestehen hauptsächlich in einer besseren Erkenntniss der Entstehungsweise und der Umwandlung, und in einer genaueren chemischen und mikroskopischen Untersuchung. Es ergiebt sich daraus, dass die Mannigfaltigkeit und darauf begründete Unterscheidung und Benennung der Gesteine grösstentheils nur in ihrer mineralogischen Zusammensetzung oder Textur bei oft ganz übereinstimmender, fast gleicher chemischen Zusammensetzung beruht, und dass man ihr relatives Alter, ja zuweilen sogar ihre Bildungsart,

aus ihrer Natur und Beschaffenheit an sich keineswegs sicher erkennen kann. Es ergiebt sich daraus ferner dass die feste Erdmasse vorherrschend aus Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyden, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron zusammengesetzt ist, dass aber diese Bestandtheile schon in den Erstarrungsgesteinen unter ungleichen Verhältnissen auftreten, wofür eine befriedigende Erklärung noch fehlt. Jedenfalls steht die ursprüngliche Zusammensetzung der Gesteine in keiner constanten Beziehung zu der Periode ihrer Entstehung, und wohl die Mehrzahl der Gesteine befindet sich nicht mehr ganz in dem Zustande in welchem sie ursprünglich gebildet wurden.

II.

DIE SEDIMENTÄREN FORMATIONEN.

Ablagerungen. — Versteinerungen. — Formationen.

Ablagerungen.

Die sedimentären Formationen sind ganz vorherrschend Ablagerungen des Meeres; nur untergeordnet treten zwischen diesen auch Schichten auf, welche durch Flüsse, in Landseen oder in Sümpfen, ja sogar auf der trockenen Landoberfläche gebildet wurden. Zu den letzteren gehören z. B. manche vulkanische Tuffbildungen.

Dieses Vorherrschen der marinen Ablagerungen kann sicher nicht auffallen, wenn wir bedenken dass auch gegenwärtig das Meer weit ausgedehntere und zusammenhängendere Ablagerungen bildet als das Süsswasser, und dass die jetzigen Landflächen wiederholt Meeresboden waren.

Das Material aller sedimentären Formationen ist grösstentheils aus der Zerstörung bereits vorhandener Gesteine hervorgegangen, neue Stoffe sind nur untergeordnet hinzugekommen. Zuerst und ursprünglich konnten nach unserer Voraussetzung nur Erstarrungsgesteine dieses Material liefern, dann aber auch bereits vorhandene Ablagerungen. Die Zerstörung bestand theils in chemischer Zersetzung und Auflösung, theils in mechanischer Abschwemmung; danach sind dann auch die Ablagerungspro-

Digitized by Google

ducte verschieden, und durch diesen doppelten Process ist eine ganz andere Vertheilung der Bestandtheile eingetreten, als die in den Erstarrungsgesteinen herrschende. Thoniger Schlamm, Sand und Gerölle wurden durch einen natürlichen Aufbereitungsprocess geschieden und mechanisch abgelagert, kohlensaure Kalkerde und Talkerde, schwefelsaure Kalkerde, Chlornatrium und Eisenoxyde durch Ausscheidung aus ihren Solutionen. Wir finden darum in den sedimentären Gesteinen Kalkerde, Talkerde, Alkalien und Eisen nicht mehr in derselben Weise mit Kieselerde und Thonerde zu Silikaten verbunden wie in den Erstarrungsgesteinen. Zu den Zerstörungsproducten sind aber einige neue Elemente aus der Atmosphäre hinzugekommen, besonders Kohlenstoff als Kohlensäure und Kohle, Wasser, vielleicht auch Chlor und Schwefel z. Th., Phosphor, etwas Stickstoff und dergleichen.

Wenn Chlor und Schwefel wie der Kohlenstoff überhaupt aus der Atmosphäre abzuleiten sind, so wird das nur für die erste Atmosphäre gelten. Später wurden Steinsalz, Gyps und dergleichen aus dem vorhandenen Vorrath immer aufs Neue wieder aufgelöst, und an anderer Stelle abgelagert. Darum findet man sie in den älteren Formationen seltener, zwischen den krystallinischen Schiefern fast gar nicht mehr vorhanden; sie sind aus denselben durch spätere Auflösung wieder entfernt.

Thonige und sandige Gesteine bilden die überwiegende Masse der sedimentären Ablagerungen, alle anderen spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle; das locale Vorherrschen von Kalksteinen und Dolomiten ist mehr ein scheinbares als ein wirkliches, weil diese Gesteine durch ihre Festigkeit und manche andere Eigenschaften besonders hervortreten. Jenes Verhalten ist aber sehr begreiflich, da in den Erstarrungsgesteinen Kieselsäure und Thonerde die weit überwiegenden Bestandtheile bilden.

Der ursprüngliche Zustand der Ablagerungen war von jeher und stets derselbe wie noch jetzt; für die mechanischen z. B. der von Schlamm, Sand und Gerölle, sehr ungleich nach der

Mengung und nach localen Verhältnissen; für die chemischen Niederschläge der von feinstem Sediment oder krystallinischer Anhäufung. Ein grosser Theil der Ungleichheit der später daraus entstandenen festen Gesteine ist erst mit der Zeit durch Druck, höhere Temperatur, chemische Veränderung u. s. w. herbeigeführt; aus den ursprünglich lockeren Sedimenten wurden mehr oder weniger feste oder dichte Gesteine, wie Conglomerat, Sandstein, Schieferthon, Thonschiefer, dichter Kalkstein etc. Auch ein Theil der Kieselsäure ist aus den Erstarrungsgesteinen aufgelöst worden, und dann als Kieselguhr, Polirschiefer, Hornstein, Feuerstein und dergleichen zur Ablagerung gelangt. Die meiste Kieselerde aber blieb als Quarzsand oder im Thon ungelöst.

Die mineralogische Zusammensetzung der sedimentären Formationen lässt sich auf diese Weise sehr einfach erklären; es ergiebt sich daraus zugleich, dass sich — allgemein genommen und ursprünglich — die älteren in dieser Beziehung nicht von den neueren unterschieden, und dass ihre petrographischen Verschiedenheiten stets nur locale sind.

Wenn dennoch in Wirklichkeit die älteren Formationen aus etwas anderen Gesteinen zu bestehen pflegen als die neuesten, so ist das lediglich eine Folge der nach und nach eingetretenen Aenderungen, — welche dieselben in der Regel um so mehr erlitten haben je älter sie sind, — nicht aber das Resultat ursprünglicher Verschiedenheit. Eine solche könnte höchstens eine relative gewesen sein, in so fern die Mannigfaltigkeit ihrer Bildungsbedingungen sich stetig etwas vermehrt hat, und ihre eigene Mannigfaltigkeit dadurch grösser geworden sein dürfte, was sich indessen kaum deutlich nachweisen lässt.

Die Periode der Ablagerung lässt sich daher nicht ohne Weiteres aus der Beschaffenheit der Gesteine erkennen; in keiner Periode sind ihr allein eigenthümliche Gesteine zur Ablagerung gelangt; es scheint das nur so, wenn man irgend eine einzelne Erdgegend untersucht; in jeder zeigt sich allerdings eine bestimmte Reihenfolge der sedimentären Gesteine, die aber gar keine allgemeine Geltung hat.

So lange man diese Thatsache noch nicht erkannte, wurde ein viel zu grosser, d. h. zu allgemeiner Werth auf die Reihenfolge der Gesteine an sich gelegt. Ja man glaubte geradezu, aus ihr das Alter der Ablagerungen bestimmen zu können, was doch stets nur innerhalb eines und desselben Ablagerungsgebietes möglich ist.

Werner, der zuerst die Lehre von der Uebereinanderlagerung der sedimentären Formationen in ungleichen Zeitperioden entwickelte, ging von der Ansicht aus, dass alle diese Formationen ganz allgemeine seien, d. h. dass in der sogenannten „Urzeit" über die ganze Erdoberfläche krystallinische Gesteine wie Granit, Gneiss, Glimmerschiefer und dergleichen abgelagert worden seien; dann in der Uebergangszeit überall gewisse Thonschiefer, Kalksteine, Grünsteine, Porphyre und dergleichen, hierauf überall Steinkohlenformation, dann überall Rothliegendes, Zechstein, Buntsandstein und Muschelkalk (den Keuper kannte er noch nicht), darauf überall Jurakalk, Quadersandstein etc.

Das war ein, durch die Mangelhaftigkeit der Beobachtung bedingter Irrthum, der später nur mühsam überwunden wurde, und vielleicht noch jetzt nicht von allen Geologen ganz überwunden ist.

Jede sedimentäre Formation erstreckte sich schon bei ihrer Ablagerung nur über ein räumlich beschränktes Gebiet; beschränkt einerseits durch die Ausdehnung der Meeres- oder Süsswasserbecken, und andererseits noch durch die ungleichen Ablagerungsbedingungen innerhalb derselben. Zu derselben Zeit erfolgten an anderen Orten ganz andere, mindestens etwas verschieden gereihte Ablagerungen, d. h. Formationen von gleichem Alter aber von abweichender Zusammensetzung (Parallelbildungen). So sind gleichzeitig Meeres-, Süsswasser- und Sumpfformationen, aus verschiedenen Gesteinen bestehend, abgelagert worden, während die gleichzeitigen Landflächen frei blieben. Sogar innerhalb der Ablagerungsgebiete kann man oft noch besondere Verschiedenheiten, Küstenbildungen, Flusseinmündungsbildungen etc. als ungleiche Facies unterscheiden.

Facies ist bekanntlich eine Bezeichnung, die zuerst Voltz für solche locale Verschiedenheiten in die Wissenschaft eingeführt hat.

In Berücksichtigung dieses naturgemässen Vorganges versteht es sich von selbst, dass sich zu allen Zeiten in verschiedenen Erdgegenden ungleiche Formationen (nebeneinander) abgelagert haben, und dass wir daher den Ausdruck Formation nicht mehr gleichbedeutend mit Ablagerungszeit brauchen dürfen. Man mag die einzelnen Ablagerungszeiten nach der zuerst, oder am besten und vollständigsten bekannten Formationsreihe benennen, aber man sollte nicht von einer Juraformation, Muschelkalkformation, Zechsteinformation oder Permformation in Ländern sprechen, wo diese als solche gar nicht existiren, sondern an ihrer Stelle nur ungefähr gleich alte Ablagerungen anderer Art.

Man mag also z. B. sagen: „die Permformation lagerte sich in Russland zu derselben Zeit ab, als in Thüringen das Rothliegende und der Zechstein gebildet wurden“; nicht aber: „diese Ablagerungen sind identisch“. Oder man mag sagen: „während der Kreideperiode wurde in den Alpen unter anderen die Gosauformation abgelagert“; nicht aber: „die Gosauformation gehört zur Kreideformation“; sie gehört nur der Kreideperiode an.

Daraus ergiebt sich, wie wünschenswerth es ist, für die Geologie eine Eintheilung und Benennung der Zeiträume zu erlangen, welche von den localen Bildungen möglichst unabhängig. Natürlich wird man dabei für die Eintheilung stets die Vorgänge in bestimmten Erdgegenden zu Grunde legen müssen, und es wird auch nichts schaden, wenn man die Benennungen an locale Beobachtungen anknüpft; nur darf nie vergessen werden, dass die so gebildete Benennung irgend eines Zeitraumes ganz und gar unabhängig ist von dem petrographischen Charakter und von der speciellen Gliederung der Ablagerungen, welche in diesem Zeitraum stattgefunden haben.

Ich habe mich hierüber auch an anderer Stelle ausgesprochen, lasse aber doch diejenige Zeiteintheilung folgen, welche jetzt die üblichste ist.

		Erstarrungs-Periode.	
Sedimentär-Perioden.	Primär.	Erste Ablagerungs-Periode	meist metamorph.
		Eozoische Periode	
		Cambrische Periode.	
		Silur-Periode.	
		Devon-Periode.	
		Kohlen-Periode.	
		Dyas-Periode.	
	Secundär.	Trias-Periode.	
		Jura-Periode.	
		Kreide-Periode.	
	Tertiär.	Eocän-Periode	Palaeogen.
		(Oligocän)	
		Miocän-Periode	Neogen.
		Pliocän-Periode	
	Quartär.	Diluvial-Periode.	
		Recente Periode.	

So ist der zeitlichen Aufeinanderfolge nach zu ordnen; handelt es sich aber um die Darstellung von Ablagerungsreihen, dann ist die umgekehrte Ordnung vorzuziehen, damit das Oberste nicht in der Reihe zu unterst erscheine. Stellen wir nur beispielsweise einige der am besten bekannten europäischen Ablagerungsgebiete neben einander, so ergeben sich schon sehr bedeutende Verschiedenheiten.

Vergleichung der Ablagerungen einiger Gegenden.

Perioden.	Westdeutschland.	Nördliche Alpen.	England.	Verschiedene Gegenden.
Recent.	Allerlei locale Ablagerungen der Quellen, Flüsse und Sümpfe.			Marine Ablager.
Diluvial.	Erratische Blöcke. Löss. Altes Diluvinm.	Erratische Blöcke. Erratisches Diluvium. Schieferk. v. Dürnten. Löss u. errat. Blöcke.	Erratische Blöcke.	Koralleninseln.
Pliocän.	(Mainzer Becken.) Knochensand von Eppelsheim. Braunk. v. Dornheim.		Crag von Norwich. Crag von Suffolk.	Caspische Formation. Subapenninenformation.
Miocän. (Oligocän.)	Blättersandstein. Letten u. Braunkohle. Lithorinellenkalk. Cerithienkalk u. Sand. Landschneckenkalk. Cyrenenmergel. Septarienth. u. Braunk. Meeressand.	Obere Süsswassermol. Obere Meeresmolasse. Brackische Molasse mit Braunkohlen. Untere Süsswassermolasse mit Braunkohlen. Unt. Meeresmolasse.	Hempstead-Schichten.	Tegel bei Wien. Steinsalzhaltige Formation in Galizien und Siebenbürgen. Septarienthon und Braunkohlenform. in Norddeutschl.

Perioden.	Westdeutschland.	Nördliche Alpen.	England.	Verschiedene Gegenden.
Eocän.		Braunkohlenformation v. Häring in Tyrol. Flysch und Nummulitenformation. Eisensteine von Kressenberg. (Cosinaschichten mit Kohlen in Istrien.)	Bembridge-Schichten. Osborne-Schichten. Headon-Schichten. Bagshot-Sand u. Thon. London-Thon. Plastischer Thon. Thanet-Sand.	(Pariser Becken.) Gyps u. Kieselkalk. Sandst.v.Beauchamp. Grobkalk. Soissonnais-Sand. Plastischer Thon. Sand v. Bracheux.
Kreide.	Ueberquader. Quadersandstein. Pläner-Mergel-Sand- und Kalkstein. Flammenmergel. Hilssandstein. Hilsthon und Conglomerat.	Nierenthal-Schichten. (Seewerkalk.) Gosauformation. Inoceramen-Mergel- u. Kalkstein. Turrilitensandstein. Schrattenkalk. Spatangenkalk.	Kreide mit Feuerstein. Kreide ohne Feuersteine. Kreidemergel. Oberer Grünsand. Gault. Speeton-Thon. Unterer Grünsand.	Quadersandstein und Pläner in Sachsen. Steinkohlen-Formation von Ruszkberg im Banat. Neocomien im Jura.
(Wealden.)	Thon und Mergel. Deistersandstein mit Kohlenlagern. Serpulit (Kalkstein).	Tithonische Etage?	Weald-Thon. Hastings-Sand. Asburnham-Schichten.	

Jura.	Weisser Jura (Kalkstein u. Dolomit). Brauner Jura oder Dogger (Sandstein, Mergel, Schieferthon u. Eisenstein). Schwarzer Jura (bituminöser Schiefer u. Kalkstein, unten Sandstein).	Barmsteinkalk. Bunte Schiefer. Rother Ammonitenkalk. Vilser Kalk. Flecken-Mergel. Adnether u. Hirlatzer Kalk.	Purbeck-Schichten. Portlandstein. Kimmeridge-Thon. Coral-Rag. Oxford-Thon. Great-Oolite. Unter-Oolith. Lias.	Steinkohlen - Formation von Fünfkirchen in Ungarn, und von Steierdorf im Banat.
Trias.	Keuper (Sandstein, Mergel u. Gyps). Lettenkohle mit Sandstein u. Schieferthon. Oberer Muschelkalk. Gyps, Anhydrit und Steinsalz. Unterer Muschelkalk. (Wellenkalk.) Röth. Gyps u. Steinsalz. Buntsandstein.	Dachsteinkalk. Kössener Schichten. Hauptdolomit. Rauchwacke. Cardita-Schichten. Hallstätter Kalk. Partnach-Schichten. Guttensteiner Kalk. Werfner Schichten (Gyps und Steinsalz darin).	Ob. New-red-Sandstone. Obere Mergel. Sandstein. Untere Mergel. Newent-Sandstone. Haffield-Conglomerat.	(Südalpen.) Raibler Schichten. Schlern-Dolomit. Cassianer Schichten. Wenger Schichten. Virgloriakalk. Seisser Schichten. Grödner Sandstein u. Verrucano. Vogesensandstein.

Perioden.	Westdeutschland.	Nördliche Alpen.	England.	Verschiedene Gegenden.
Dyas.	Ob. Zechstein (Stinkstein, Dolomit, Gyps und Steinsalz). Unterer Zechstein und Kupferschiefer.	Sernfgesteine?	Magnesian-Limestone und Mergelschiefer.	Unt. Vogesensandst.? Permformation in Russland: Mergel und Kalkstein. Thon, Sand und Gypsmergel und Sandstein.
	Oberes Rothliegendes (Conglomerat und Sandstein). Unteres Rothliegendes (Sandstein, Schieferthon u. Thonstein).		Unt. New-red-Sandstone.	Permformation in Russland: Sandstein, Conglomerat, Mergel, Gyps und Steinsalz.
Kohlen.	Steinkohlenformation (Sandstein, Schieferthon u. Schwarzkohlen). Flötzleerer Sandstein.	Steinkohlenformation im Wallis und in Savoyen. Gailthaler Schichten.	Steinkohlenformation (Sandstein, Schieferthon u. Schwarzkohlen). Millstone-Grit.	Steinkohlenform. in Frankreich, Nordamerika u. s. w.

Kohlen.	Kulmformation (Thonschiefer, Kieselsch., Sandst. u. Kalkst.) Kohlenkalkstein, Posidonomyenschief.		Kulm u. Kohlenkalk od. Bergkalk (Kalkstein, Sandstein, Schiefer u. Kohlen).	Steinkohlenformat. v. Hainichen in Sachsen. Steinkohlen unter dem Kohlenkalk Südrusslands.
Devon.	Schiefer mit Spirifer calcaratus. Cypridinenschiefer u. Schalstein. Lenneschiefer, Kramenzel, Nierenkalk und Flinz. Stringocephalenkalk. Eifler Kalk, Calceolaschiefer. Orthoceratitenschicht. Spiriferensandstein u. Schiefer. (Taunus-Schiefer und Ardennen-Schiefer?)	Grauwackenschiefer u. Kalkstein mit Spatheisenstein.	Old-red-Sandstone. Kalkige Schiefer. Brauner Sandstein. Sandst. u. Plattenstein. Kalkige Schiefer. Spiriferensandstein. Schiefer u. Sandst.	(Nordamerika.) Old-red-Sandstone. Chemmung-Gruppe. Portage-Gruppe. Genesee-Schiefer. Tully-Kalkstein. Hamilton-Schiefer. Marcellus-Schiefer. Corniferous-Kalkst. Onondaga-Kalkst. Shohari-Sandstein. Cauda - galli - Sandstein. Oriskany-Sandstein.

Perioden.	Westdeutschland.	Nördliche Alpen.	England.	Verschiedene Gegenden.
Silur.	Thonschiefer am Ostharz u. im Thür. Wald z. Th.		Ludlow-Schichten.	(Nordamerika.)
			Tillstone.	Oh. Pentameruskalk.
	(In Böhmen.)		Sandstein.	Wasserkalk-Gruppe.
			Kalkstein.	Onondaga-Salzgrup.
	Obere Schiefer.		Schiefer.	Niagara-Gruppe.
	Oberer Kalkstein.		Wenlock-Schichten.	Clinton-Gruppe.
			Kalkstein.	Medina-Sandstein.
	Mittlerer Kalkstein.		Flagstone u. Schiefer.	Oneida-Conglomerat und grauer Sandstein.
	Unterer Kalkstein.	Thonschiefer mit Cardiola.	Caradoc-Schichten.	
	Gelbliche Schiefer.		Sandige Schiefer.	
			Plattensandstein.	Hudson-Gruppe.
	Grauwackenschiefer.		Sandstein.	Utica-Schiefer.
	Schwarze Schiefer.		Conglomerat und Kalkstein.	Trenton-Kalk.
				Blackriver-Kalk.
Taconisch.	Grünliche Schiefer von Ginetz.		Rother Sandstein.	Calciferous-Sandst., Schiefer u. Kalkst.
	Przibramer Grauwacke.		Llandeilo-Flags. (Plattensandstein.)	Lingula-Flags und Potsdamer Sandstein.
	Przibramer Schiefer m. Anneliden.			

Cambrisch.	Huronisch.	Azoische Schiefer.	Thonglimmerschiefer?	Longmyndgruppe.	Georgia-Schiefer. St. Albans-Gruppe (Schiefer mit Kalkknoten).
Eozoisch.		Thonschiefer u. Glimmerschiefer. Gneiss mit *Eozoon*-kalk in Bayern.		Schiefer u. Kalkstein mit *Eozoon* in Schottland.	Quarzite und Talkschiefer. Laurentian-Rocks m. *Eozoon* (in Canada).
Erste Ablagerungs-Periode.		Metamorphische Schiefer: Glimmerschiefer, Gneiss, Granulit, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer mit allerlei Einlagerungen.			Metamorphische Schiefer (Glimmerschiefer, Itacolumitschiefer, u. s. w.)
Erste Erstarrungsperiode.		Gneiss, Granulit und Granit zum Theil.			

Die Gliederung der silurischen Ablagerungen ist durch Kjerulf und Dahll in Norwegen, und durch Grewink in den russischen Ostseeprovinzen, sehr vollständig bekannt. Deshalb mögen auch diese Reihen hier noch folgen:

Norwegen.	Ostseeprovinzen.
Jüngster Kalkstein, Mergel und Thonschiefer.	Ob. Oeseler Schichten (Sandstein, Mergel, Kalkstein und Dolomit).
Malmökalkstein und Thonschiefer.	Unt. Oeseler Schichten (Dolomit und Mergel.
Jüngster Graptolithenschiefer und Kalkknotenthonsch.	Pentamerus-Dolomit.
Oberer Orthoceratitenkalk.	Bornholmer Schichten (Kalkstein und Dolomit).
Oberer Encrinitenmergel.	Lychholmer Schichten (dichter Kalkstein).
Korallen- und Encrinitenkalk.	Wesenberger Schichten (dichter Kalkstein).
Kalkstein und Mergel mit Pentamerus.	Jewersche Schichten (Mergelkalk).
Unt. Malmöschiefer mit Kalkplatten.	Brandschiefer.
Kalksandstein.	Vaginatenkalk und Leperditienmergel.
Kalkige Thonschiefer.	Glauconitkalk.
Graptolithenschiefer.	Glauconitsand.
Orthoceratitenkalk.	Alaunschiefer mit Graptolithen.
Alaunschiefer und Graptolithenschiefer.	Ungulitensandstein mit Obolus.
	Blauer Thon mit Polythalamien und Fischzähnen.

Merkwürdig ist in den Ostseeprovinzen besonders das Auftreten von wenig verändertem Thon und Sand in so alten Ablagerungen.

Es versteht sich von selbst dass die gleichzeitigen Ablagerungen in den verschiedenen Gegenden eine sehr ungleiche Mächtigkeit haben. Ueberhaupt ist auf die Mächtigkeit der Schichten nur ein geringer und ganz localer Werth zu legen. Wir sehen oft, dass eine einzelne Schicht im Abstand einiger hundert Schritte ihre Mächtigkeit verdoppelt, oder dass sie vollständig verschwindet. Ganz dasselbe gilt natürlich auch für ganze Systeme von Schichten bei grösseren Entfernungen. Wenn sich daher die Mächtigkeit einer zusammengehörigen Schichtengruppe, z. B. einer devonischen, irgendwo zu 5000 Fuss ergiebt, so können die denselben Zeitraum repräsentirenden Schichten in einer anderen Gegend möglicher Weise nur 50 Fuss mächtig sein. Darum lässt sich denn auch aus der localen Mächtigkeit der Ablagerungen nur mit sehr grosser Vorsicht, und nie sicher, auf die Dauer ihrer Bildungsperiode schliessen. Von Interesse würde es allerdings sein, wenn man für jeden geologischen Zeitraum das Maximum der Schichtenmächtigkeit bestimmen könnte; vergleichen liessen sich diese Maxima aber auch nur dann, wenn sie aus gleichartigem Material beständen.

Für einen Theil des sedimentären Zeitraumes haben Dumont, d'Orbigny u. A. noch eine weit mehr ins Einzelne gehende Theilung vorgeschlagen; sie stützt sich aber so speciell auf die Gliederung localer Ablagerungen in Belgien und Frankreich, dass sie sich kaum zu allgemeiner Anwendung eignet.

	Dumont unterschied in Belgien:	d'Orbigny unterschied in Frankreich:
Tertiär.	Scaldesien.	
	Diestien.	
	Bolderien.	Falunien.
	Rupelien.	
	Tongerien.	
	Laekenien.	Parisien.
	Bruxellien.	
	Paniselien.	Soissonien.
	Ypresien.	
	Landenien.	
Kreide-Periode.	Héeresien.	
	Maestrichtien.	Danien.
	Senonien.	Senonien.
	Nervien.	Turonien.
	Hervien.	Cenomanien.
		Albien.
	Aachenien.	Aptien. Urgonien.
		Neocomien.
		Valangien.
		Wealdien.
Jura-Periode.	(Einige Antoren:)	
	Virgulien.	Portlandien.
	Strombien. Astartien.	Kimmeridien.
		Corallien (Séquanien).
		Oxfordien (Argovien).
		Callovien.
		Bathonien.
		Bajocien.
		Toarcien.
		Liasien.
		Sinémurien.

Alle solche Abtheilungen der Sedimente sind bedingt durch mehr oder weniger locale Aenderung oder Unterbrechung der Vorgänge, während die Reihenfolge der Organismen das Resultat einer stetig fortlaufenden Entwickelung ist, aus welcher aber stets nur ein kleiner Theil der bestehenden Formen im fossilen Zustande erhalten wurde. Die Abtheilungen der Sedimente sind das Resultat der kleineren oder grösseren Perioden der Hebung oder Senkung, der Kälte oder Wärme, wie die Schichtung im Einzelnen durch den kleinsten periodischen Wechsel der Tages- oder Jahreszeiten, der Ebbe und Fluth u. s. w. veranlasst wird. Die einzelnen Schichten sind bestimmt abgegrenzt, etwa wie die Species. Etwas mehr umfassende Perioden lieferten Schichtengruppen von gleicher Zusammensetzung, noch umfassendere: Formationen oder Formationsgruppen. Hieraus ergiebt sich zugleich eine natürliche Scala der Eintheilung, wie folgt:

Hauptbezeichnung.	Synonyme Bezeichnungen.
Schicht.	Bank, Lager, Flötz.
Schichtengruppe.	Formationsglied, Etage, Stufe, Abtheilung.
Formation.	System, Series, Terrain.
Formationsgruppe.	Ganz unpassend: „Gebirge".

Die Ablagerungsbecken waren in den verschiedenen Zeiten und Gegenden sehr ungleich gross; einige derselben mögen mehrere unserer heutigen Festländer zugleich bedeckt oder berührt haben, aber wohl zu keiner Zeit war die ganze Erdoberfläche überall von Wasser bedeckt, noch weniger erfolgten in sehr grossen Wasserbecken überall gleiche Niederschläge; d. h. bei sehr grossen Ablagerungsgebieten waren vielmehr stets die Ablagerungen örtlich verschieden, so dass man niemals bestimmte Schichten durch das ganze Gebiet verfolgen kann.

Digitized by Google

Versteinerungen.

Die Zahl der fossilen Species welche aus der Gesammtheit dieser Ablagerungen bis jetzt bekannt geworden ist, ist schon ausserordentlich gross, und wenn auch darunter manche unberechtigte sein mögen, da man oft leichtsinnig auf sehr unvollkommene Exemplare neue Arten begründet hat, so sind doch jedenfalls auch noch ausserordentlich grosse Lücken in dieser Kenntniss der Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens vorhanden. Ganze Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreiches sind nicht vertreten, weil sie sich nicht zur Versteinerung eigneten, andere Lücken sind durch die Lücken in der Schichtenreihe bedingt, und der Anfang des organischen Lebens auf der Erde scheint uns ganz zu fehlen, — auch ist kaum eine Hoffnung vorhanden, dass er der Beobachtung jemals zugänglich werde, da die ältesten Ablagerungen wahrscheinlich überall stark verändert oder wieder zerstört sind.

Versucht man es, die für einzelne geologische Perioden besonders charakteristischen Formen hervorzuheben, so lässt sich etwa folgende Uebersichtstabelle daraus zusammenstellen, in welche aber eben nur wenige bezeichnende Erscheinungen aufgenommen wurden, um die Uebersicht zu erleichtern. Ich ordne dabei chronologisch, d. h. von den ältesten zu den neuesten Perioden vorschreitend.

Perioden.	Meeresbewohner (vorherrschend Thiere).	Landbewohner (vorherrschend Pflanzen).
Eozoisch.	Eozoon canadense.	
Cambrisch	Lingula.	
Silur.	Fucoideen. Graptolithen, Korallen und Crinoideen. Spirifer, Lingula. Orthoceratiten u. Goniatiten. Trilobiten, auch schon Fische.	

Google

Perioden.	Meeresbewohner (vorherrschend Thiere).	Landbewohner (vorherrschend Pflanzen).
Devon.	Viele Korallen u. Crinoideen. Spirifer, Calceola, Orthis, Stringocephalus. Orthoceratiten, Clymenien u. Goniatiten. Trilobiten (sterben aus). Fische u. älteste Saurierreste.	Calamiten und Asterophyllen. Sagenarien. Araucarien, als erste Coniferen.
Kohlen.	Crinoideen und Korallen. Productus. Echte Krebse. Ganoide Fische. Archegosaurier (vielleicht zu Dyas).	Calamiten und Asterophyllen. Farren und Sigillarien. Lepidodendra. Conif. Süsswassermuscheln.
Dyas.	Netzkorallen. Crinoideen. Productus (stirbt aus). Terebratula. Ganoide Fische (Palaeoniscus). Protorosaurus (auch das Land bewohnend).	Calamiten und Asterophyllen. Lycopodiaceen, Farren u. Coniferen. Ullmannien.
Trias.	Encrinus. Terebratula und Spirifer. Ceratiten u. erste Ammoniten. Ganoide Fische. Notosaurier.	Baumförmige Equiseten. Cycadeen u. Coniferen. Froschsaurier u. Spuren der ersten Landsäugethiere.
Jura.	Korallen, Crinoideen und Echiniten. Terebratula. Trigonia. Belemniten u. Ammoniten. Viele Krebse. Heterocerce Ganoiden (sterben aus). Erste homocerce Fische. Fischsaurier u. Flugsaurier.	Cycadeen. Einige Landsäugethiere.

Digitized by Google

Perioden.	Meeresbewohner (vorherrschend Thiere).	Landbewohner (vorherrschend Pflanzen).
Kreide.	Foraminiferen, Polythalamien, u. Korallen in Menge. Crinoideen und Echiniten. Terebratula. Hippurites. Belemniten, Ammoniten und deren Krüppelformen sterben aus. Fische und einige Saurier.	Erste Laubhölzer. Süsswasser-Schnecken und Muscheln. Landsaurier.
Eocän.	Nummuliten. Echiniten. Terebratula. Viele Muscheln und Schnecken, darunter die ersten noch lebenden Arten.	Laubhölzer u. Palmen. Einige Säugethiere und Vögel.
Miocän.	Viele noch lebende Arten von Meeresconchylien. Fische, nur ausgestorbene Arten.	Viele Landpflanzen lebender Geschlechter, aber ausgest. Arten. Land- und Süsswasser-Conchylien. Viele Landsäugethiere, aber noch keine jetzt lebende Art.
Pliocän.	Noch mehr lebende Arten von Conchylien. Fische, ausgestorbene Arten.	Wie Miocän.
Diluvial.	Foraminiferen, Conchylien (meist lebender Arten). Cetaceen.	Ausgestorbene u. lebende Säugethierarten. Erste Spuren des Menschen.

Die organischen Reste welche in den sedimentären Ablagerungen gefunden werden, bleiben sich allerdings oft über grössere Flächenräume gleich als die einzelnen Gesteinsschichten, doch auch sie scheinen, was die Species anlangt, zu keiner

Zeit von ganz allgemeiner Verbreitung gewesen zu sein. Darum lässt sich auch kein einziger Ablagerungszeitraum durch einige wenige einzelne Species — sogenannte Leitmuscheln — vollständig charakterisiren, wie das für die räumlich beschränkten Formationen allerdings der Fall ist. Auch die organischen Species sind stets nur über mehr oder weniger grosse Verbreitungsgebiete ausgedehnt gewesen, und ebenso war die Zeit ihres Bestehens für die einzelnen Arten eine ungleiche. Es liesse sich die Verbreitung der Species in den Erdschichten ganz ideal etwa durch folgende Umgrenzungen darstellen.

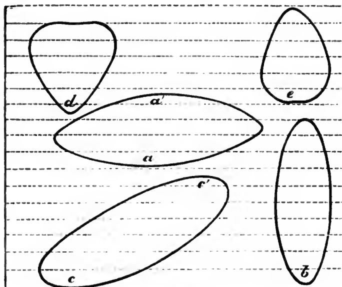


Fig. 1. Verbreitung von Species organischer Reste in den Erdschichten.

In dieser Skizze bedeuten die punktirten Horizontalen lauter parallel über einander liegende Schichten oder Schichtengruppen, die geschlossenen Kurven dagegen die räumliche und zeitliche Verbreitung der Species. Die Species *a* ist bei *a* entstanden, hat sich sehr gleichmässig nach allen Seiten ver-

breitet, und ist am Entstehungsort, aber in einer späteren Zeit, bei *a'* erloschen; *b* hat sich über einen kleineren Raum verbreitet, aber etwas länger existirt; *c* hat sich vorzugsweise nach einer Seite verbreitet, und hat in der Gegend *c'* länger gelebt als über *c*; *d* breitete sich nur langsam aus und erlosch in allen Gegenden ziemlich zu gleicher Zeit, *e* endlich breitete sich schnell aus und erlosch sehr allmälig. Das sind natürlich nur einige ideale Beispiele, um die Ungleichheit der Erscheinung auszudrücken, während in der Wirklichkeit alle möglichen Variationen vorkommen. Dagegen aber unterscheiden sich alle Ablagerungszeiträume von einander durch bestimmte Entwickelungsstufen und Einzelformen des organischen Lebens, manche sogar durch sehr auffallende und leicht kenntliche Formengruppen.

Als treffliche Beispiele hierfür mögen die Graptolithen, Orthoceratiten und Trilobiten der Primär-Zeit, die Ammoniten und Belemniten der Secundär-Zeit dienen. Ihr Vorkommen ist bereits in allen Welttheilen gleichmässig erkannt worden, und somit als allgemein charakteristisch für bestimmte grosse Zeiträume anzusehen. Für die Einzelformen ist dagegen die Zeitdauer, wie die geographische Verbreitung noch nicht hinreichend bekannt.

Unter diesen Umständen haben natürlich die speciellen Schichtenreihen — die Darstellungen der Gliederung bis ins Einzelne — kein sehr allgemeines Interesse; sie sind wichtig und lehrreich für den Bewohner oder Besucher der betreffenden Gegend, nicht aber für jeden andern Geologen. Wollte man alle bis jetzt beobachteten oder künftig noch zu beobachtenden localen und speciellen Schichtenreihen etwa tabellarisch neben einander stellen, so würde man dadurch ein kaum übersichtliches und auch ziemlich nutzloses Sammelwerk erhalten, während eine solche Arbeit, auf die allgemeineren charakteristischen Schichtengruppen beschränkt, allerdings auch ein allgemeines Interesse befriedigen dürfte. Aehnliches gilt selbst für die ganz speciellen Lagerungstabellen der organischen Reste; ihre Vergleichung ist sehr wichtig für benachbarte Gegenden,

Digitized by Google

und sehr lehrreich, ja unentbehrlich für die Geographie und Entwickelungsgeschichte der Species, aber für eine allgemeine Uebersicht des geologischen Baues der Länder genügen und entsprechen besser die Hauptresultate welche sich daraus ergeben. Man muss bedenken, dass es für den einzelnen Geologen geradezu unmöglich ist, dergleichen Specialitäten für die ganze Erde zu studiren und zusammenzufassen.

Auch die Bedeutung der sogenannten Leitmuscheln ist gegen manche Voraussetzungen sehr geschmälert worden, seitdem sich herausgestellt hat, dass sie keine allgemeine, sondern stets nur eine mehr oder weniger locale Geltung als solche haben, wie das eigentlich von Anfang an zu erwarten gewesen wäre, wenn man die Zustände der Gegenwart gehörig berücksichtigt hätte.

Aus Allem ergiebt sich, dass es in der Geologie ebenso wenig statthaft ist, aus localen Beobachtungen von Ablagerungen allgemeine Schlüsse zu ziehen, wie in der Geschichte aus localen Vorgängen.

Einige nutzbare Gesteine, wie Kohlen und Steinsalz, die man im mittleren Europa vorzugsweise in den Ablagerungen gewisser Perioden kennen gelernt, hatten zu der Annahme von Kohlen- und Salzperioden Veranlassung gegeben. Die weitere Ausdehnung sorgfältiger Untersuchungen hat das Irrige dieser Auffassung bereits erwiesen, und wird diesen Beweis mehr und mehr vervollständigen.

Da die Erde mindestens seit der Silur-Periode Pflanzen erzeugt hat, deren Ueberreste wir vereinzelt vorfinden und deren Substanz unter Umständen sich anhäufte (aus welchen Anhäufungen durch Bedeckung dann Kohlenlager wurden), so verstand sich eigentlich ganz von selbst, dass keine der späteren Perioden von der Kohlenbildung ausgeschlossen sein könne, und dass die kohlenleeren Zwischenräume in der bis jetzt bekannten Ablagerungsreihe nur auf der Unvollständigkeit unserer Kenntniss derselben beruhen. Diese Unvollständigkeit ist aber keine verschuldete; man muss bedenken, dass beinahe drei Viertel der Erdoberfläche vom Meere bedeckt sind, dass wir

die eigentlichen Polarländer nicht untersuchen können, und dass auch in den grossen Continenten noch sehr ausgedehnte Landstrecken bis jetzt nicht geologisch erforscht wurden. Durch das Alles reducirt sich unsere Kenntniss vom inneren Erdbau auf höchstens ein Achtel der gesammten Erdoberfläche. Die übrigen sieben Achtel können noch sehr mächtige Kohlenablagerungen in den verschiedensten geologischen Niveaus enthalten.

Formationen.

Senkungen und Hebungen haben in grossen Perioden einen steten Wechsel von Land und Meer bedingt, wahrscheinlich aber niemals einen plötzlichen, sondern stets einen allmäligen. Dadurch ist es leicht begreiflich, dass die meisten jetzigen Landoberflächen verschiedene Ablagerungen (Formationen) als Reste ehemaliger Meeresbedeckung enthalten. Die Schichtenreihen die wir auf diese Weise übereinanderliegend finden, sind aber sehr ungleich mächtig und vollständig; sie repräsentiren ungleiche Zeiträume mit ungleichen Unterbrechungen der Ablagerung. Keine der beobachteten Schichtenreihen verdient eine vollständige genannt zu werden; jede ist durch Ablagerungen in anderen Erdgegenden zu ergänzen. Die Hebungen wie die Senkungen waren stets local beschränkte, und indem durch erstere gewisse Theile von bestehenden Meeresbecken trocken gelegt wurden, traten Unterbrechungen der Ablagerungen ein, während durch Senkungen in anderen Gegenden bisherige Landestheile unter Wasser gesetzt wurden, und in ihnen die daneben bereits begonnenen Ablagerungen sich fortsetzen und eine räumlich andere Ausdehnung gewinnen konnten.

Die Unterbrechungen und die Anfänge der Ablagerungen traten folglich nicht einmal innerhalb derselben grossen Ablagerungsgebiete überall gleichzeitig ein, und wir können darum auch gar nicht erwarten, dass die oberen oder die unteren Grenzen der Formationen überall eine gleiche Zeit repräsen-

tiren; an einer Stelle dauerten die Ablagerungen gleichmässig fort, die an einer anderen unterbrochen waren, und an einer dritten erst begannen.

Ueberall finden wir darum in den Ablagerungen nur einzelne Zeitabschnitte vollständig vertreten; wo irgend ein auffallender Unterschied sich zeigt, da ist eine Unterbrechung zu vermuthen, und erst durch die Verbindung einer möglichst grossen Zahl solcher localer Beobachtungen wird eine Vervollständigung der allgemeinen Reihe — eine Uebersicht des Zeitverlaufes — möglich.

Hätte irgend ein Meeresbecken von Anfang an gleichmässig fortbestanden, ohne Aenderung seiner Form, seiner Zuflüsse und der ununterbrochen in ihm erfolgenden Ablagerungen — was allerdings nur bei steter langsamer Senkung seines Bodens möglich gewesen wäre — so würden wir darin keinen Wechsel von Formationen finden; dasselbe würde vielmehr nur eine einzige marine Formation enthalten, diese aber würde den gesammten sedimentären Zeitraum repräsentiren.

Die Reihe der Schichten würde in solchem Gebiet, von der untersten bis zur obersten eine gleichmässige, ununterbrochene sein, und die organischen Reste in derselben würden zwar — in Folge allgemeiner Aenderungen — einen constanten Artenwechsel zeigen, die oberen würden sich von den unteren unterscheiden, aber nirgends würde man einen Sprung in diesem Wechsel beobachten, welcher zur Abgrenzung eines Zeitabschnittes oder einer Formation veranlassen könnte. Der Artenwechsel würde theils durch Temperaturabnahme, theils etwa durch Einwanderung aus anderen Becken erfolgen. Ein solches Becken existirt nicht, aber seine Vorstellung ist ganz geeignet, über die Ursache der Formationsverschiedenheiten und ihrer Abgrenzungen aufzuklären. Unser ideales Becken würde wie gesagt nur eine Formation enthalten, diese aber eine Parallelbildung für alle anderen darstellen, so etwa wie die Permformation als Aequivalent für Zechstein und Rothliegendes, oder der obere New-red-sandstone als solches für Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein anzusehen ist.

Die Abgrenzung der Formationen beruht eben nur darauf, dass sich die Ablagerungszustände und Räume stets geändert haben. Jede Formation hat daher in gewissem Sinne nur eine locale Bedeutung, obwohl sie ein Glied in der allgemeinen Reihe bildet.

Ohne Aenderungen der Erdgestaltung durch vulkanische Thätigkeit würde ein wesentlicher Grund der Formationsunterschiede fehlen. Jede Unterbrechung der localen Ablagerungen giebt sich als Lücke in ihrer Reihenfolge zu erkennen, und solche Lücken zeigen sich überall; sie sind es in der Regel, welche die Veranlassung gaben, zwei oder mehrere parallel über einander liegende, etwas verschiedene Ablagerungen als besondere Formationen von einander zu trennen. Die Lücken der einzelnen Localreihen können durch die Vergleichung und ideale Verbindung möglichst vieler solcher Reihen ausgefüllt werden, aber wir sind noch weit davon entfernt, diese Aufgabe bereits vollständig gelöst zu haben, und a priori lässt sich vermuthen, dass in allen den Fällen noch eine Lücke auszufüllen ist, in welchen die Versteinerungen zweier in der jetzigen idealen Gesammtreibe unmittelbar auf einander folgender Formationen auffallend von einander verschieden sind; ferner dürfen wir als sicher voraussetzen, dass es für jede Süsswasserablagerung marine Aequivalente geben muss.

Untersuchen wir die bis jetzt bekannte Formationsreihe in dieser Beziehung, so ergeben sich namentlich folgende Resultate:

1. Die tertiären und die noch neueren Formationen lassen keine sehr auffallenden Lücken erkennen. Die lebenden Species nehmen gegen unten allmälig ab, und hören endlich fast ganz auf. Für die Süsswasserbildungen und Braunkohlenformationen sind grösstentheils auch schon marine Aequivalente bekannt.

2. Zwischen den ältesten Ablagerungen der Eocänperiode und den neuesten der Kreideperiode scheint dagegen noch eine Lücke auszufüllen, denn die Vermischung der Species, welche Schafhäutl im Alpengebiet zu finden glaubt, wird von anderen, mit jenen Gegenden vertrauten Geologen nicht aner-

Digitized by Google

kannt; vielmehr sind diese der Meinung, dass sich die ältesten tertiären Species dort, wie in allen anderen bis jetzt geologisch untersuchten Erdgegenden, ziemlich schroff von denen der Kreideperiode unterscheiden, und dass nur ganz vereinzelt ein paar Species aus der einen Periode in die andere hinein reichen. Pilla schob 1845 das etrurische System, aus Alberese und Macigno bestehend, zwischen Tertiär und Kreide ein, von den übrigen italienischen Geologen scheint aber dieses nicht mehr als eine solche selbstständige Zwischenbildung anerkannt zu werden.

Deshalb, weil hier noch eine Lücke auszufüllen ist, eine plötzliche Umgestaltung des organischen Lebens auf der ganzen Erde anzunehmen, erscheint um so unzulässiger, da die ältesten Tertiärbildungen sogleich die Ueberreste einer sehr reichentwickelten Fauna enthalten, und von dieser eine unermessliche Zahl von Individuen. Alle diese mit ihren Lebensbedingungen allseitig in einander eingreifenden Arten müssten nicht nur gleichzeitig und plötzlich, sondern sie müssten auch sogleich in ungeheuerer Zahl und Verbreitung entstanden sein. Diese Vorstellung ist bei unbefangener Betrachtung so widernatürlich, dass man sich beinahe wundern muss, wie sie bei Naturforschern überhaupt entstehen konnte. Die Umgestaltung der Meeresfauna mag in irgend einer andern Gegend ganz allmälig eingetreten sein, und tritt nun in den ältesten bis jetzt bekannten tertiären Ablagerungen bereits als vollzogen auf. Ganz Aehnliches gilt für die meisten anderen Lücken in der Reihe.

Wirkliche Unterbrechungen des organischen Lebens auf der Erde überhaupt müssten nothwendig auch allemal durch versteinerungsleere Schichten, und über diesen durch eine allmälige Entwickelung neuer Faunen und Floren bezeichnet sein.

3. Die Ablagerungen der Kreideperiode lassen zwischen sich keine auffallende Lücke erkennen; was local so erscheint, wird durch Vergleichung mehrerer Länder schon ziemlich ausgeglichen; unter den ältesten bekannten marinen Ablagerungen die man noch zur Kreideperiode rechnet, folgt aber in England und in Westphalen eine z. Th. brakische Sumpf- oder Süss-

wasser-Formation (Wealden und Deister), die unmittelbar auf den neuesten bekannten marinen Ablagerungen der Juraperiode ruht. Jene untersten Kreidebildungen und diese obersten Jurabildungen enthalten fast lauter verschiedene Species; nur sehr wenige gehören ihnen gemeinsam an, wie z. B. *Terebratula biplicata*, aus der man gewaltsam mehrere Arten zu machen gesucht hat. Da ist also wieder eine Lücke erkennbar, und sie ist noch dazu local durch eine Süsswasserbildung ausgefüllt, für die uns merkwürdiger Weise ein marines Aequivalent fehlt, wenn nicht vielleicht Albert Oppel's tithonische Etage im Alpengebiet als ein solches anzusehen ist. Nach einer Darstellung in der Zeitschr. d. d. geol. Gesellschaft entspricht dieselbe ungefähr den Stramberger Schichten.

4. Innerhalb der Ablagerungen der Juraperiode ist keine auffallende Unterbrechung bemerkbar. Die einzelnen Abtheilungen welche man unterschieden hat, sind allerdings z. Th. durch besondere Species charakterisirt, und sie enthalten überhaupt die Reste ungleicher Meeresfaunen, aber eine Menge Species gehen durch viele dieser Abtheilungen hindurch, und stellen für die Gesammtheit eine vollständige Verbindung her. Es ist dieses Verhalten gerade sehr belehrend für die Gesammtreihe der Formationen. Es wiederholt sich der Unterschied der Formationen bei ihren Unterabtheilungen im kleineren Maassstabe, so dass manche dieser Abtheilungen sich beinah ebenso sehr durch ihre Versteinerungen von einander unterscheiden, als einige auf einander folgende Formationen. Es sind also nicht eigentliche Schöpfungen durch Unterbrechungen von einander getrennt, sondern innerhalb der Perioden die man aus den bis jetzt bekannten Schichtenreihen ableitet, zeigt sich eine stete Umgestaltung des organischen Lebens, die uns noch sprungweise erscheint, weil wir sie nur unvollständig kennen. Wollte man alle diese kleinen scheinbaren Sprünge als Abschnitte für allgemeine Schöpfungsperioden ansehen, so würde sich die Zahl dieser letzteren auf viele Hunderte steigern, und es ist in der That schwer, zwischen grossen und kleinen Sprüngen einen bestimmten Unterschied zu machen: es

bleibt derselbe ein durchaus relativer in allen möglichen Abstufungen.

Dazu kommt noch, dass eine Menge typischer Formengruppen wie z. B. die Ammoniten und Belemniten, mit kleinen Modificationen durch alle Ablagerungen der Juraperioden hindurchgehen, indem sie bis in die neuesten der Kreideperiode hinauf- und theilweise auch bis in die der Triasperiode hinabreichen, während sie in den noch älteren und noch jüngeren Ablagerungen gar nicht bekannt sind. Drei der sogenannten Schöpfungsperioden, Kreide, Jura und Trias, welche man aus den bis jetzt bekannten Formationsreihen abgeleitet hat, sind auf diese Weise durch gewisse allgemeine Formen sehr innig mit einander verbunden. Das hat zur Aufstellung eines secundären Zeitraumes, aus diesen drei Perioden bestehend, veranlasst. Derselbe hängt aber wieder mit dem primären und tertiären durch andere organische Typen zusammen, z. B. durch Orthoceratiten, Terebrateln, Crinoideen und Echiniten, dergestalt, dass auch diese allgemeinste Eintheilung in Zeiträume keineswegs auf gänzlich verschiedenen organischen Schöpfungen beruht.

5. Die marinen Organismen der Juraperiode unterscheiden sich sehr auffallend von denen der westdeutschen Triasbildungen. Es schien lange Zeit ein grosser Sprung zwischen beiden vorhanden zu sein, dennoch sind die Ansichten vieler Geologen noch schwankend, ob man die kleine Schichtengruppe des sogenannten *Bonebed* zum Keuper oder zum schwarzen Jura rechnen solle. Es hat sich ergeben, dass dieses *Bonebed* der Engländer ungefähr denselben Schichten entspricht, welche man zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gegenden: Tübinger Sandstein, Contortazone, Dachsteinkalk, Starhemberger Schichten, Kössener Schichten, *Couches de l'Azzarola,* Rhätische Gruppe, *Infralias, Lias inférieur*, Epitrias, Oberer Muschelkeuper, Oberer Keuper, Gervillia-Schichten und Obere St. Cassian-Schichten genannt hat. Wohl keine andere Schichtengruppe ist darum in neuerer Zeit so vielfach besprochen worden als diese. In v. Dittmar's neuestem Werke darüber findet sich

folgende Zusammenstellung der Ansichten über die Einreihung: Zum schwarzen Jura wird dieselbe gerechnet von d'Archiac, de la Beche, Elie de Beaumont, Berger, Capellini, Conybeare, Dufrenoy, Favre, v. Hauer, Hébert, Lipold, Martin, Murchison, Peters, Pfaff, Phillips, Rolle, Schenk, Stoppani, Stur und Süss. Zum Keuper von: Agassiz, v. Alberti, Beyrich, v. Dittmar, Dumortier, Emmrich, Escher v. d. Linth, Fournet, Gümbel, Levallois, Marcou, Herm. Merian, v. Meyer, Naumann, Oppel, Pictet, Quenstedt, v. Strombeck und Terquem. Unbestimmt lassen die Stellung: Braun, Credner, Deffner, Fraas, Moore, Plieninger, Schafhäutl, v. Schlönbach, Schruefer, Studer, Winkler und Wright.

Die jüngste Abtheilung der deutschen Trias — die Keuperformation — ist keine echt marine, wenigstens keine pelagische Ablagerung; sie erlaubt deshalb auch keine eigentliche Vergleichung mit den ältesten marinen Bildungen der Juraperiode. Die Schichten des Keuper mögen vom Meere gebildet worden sein, aber in der Nähe der Küsten, auf flachem Boden. Sie sind vorherrschend mechanischer Natur, enthalten nur höchst vereinzelte Meeresmuscheln, dagegen stellenweise ziemlich viel eingeschwemmte Landpflanzenreste und Knochen von Landsauriern. Jene Pflanzenformen nähern sich meist schon auffallend denen, welche man in den kohlenhaltigen Ablagerungen der Juraperiode kennt; es blieb deshalb eine Zeit lang sogar zweifelhaft, ob man die Kohlenformation von Steierdorf im Banat und von Fünfkirchen in Ungarn oder die von Theta in Bayern für ein Aequivalent des schwarzen Jura oder des Keuper halten sollte. War nun also schon durch die Landpflanzenreste eine Verbindung zwischen der Trias- und Juraperiode hergestellt, so ist diese durch die Fortschritte der Alpengeologie jetzt auch für die echt marinen Ablagerungen erlangt worden.

Unser westdeutscher Keuper ist in den Alpen durch eine sehr mächtige Reihe völlig mariner Schichtengruppen vertreten, in denen Kalksteine und Dolomite verherrschen. Einige dieser Schichten sind sehr reich an marinen Versteinerungen, in denen sogar Ammoniten, die man bis dahin alle für jünger, und

Orthoceratiten, die man alle für älter gehalten hatte, zusammen vorkommen. Die obersten dieser Ablagerungen unterscheiden sich aber durch ihre Versteinerungen von denen der Juraperiode so wenig, dass man lange zweifelhaft blieb, ob man sie zu dieser oder zur Triasperiode rechnen solle. Den Dachsteinkalk z. B. betrachteten die Wiener Geologen gewöhnlich als Repräsentanten unseres schwarzen Jura, Gümbel rechnet ihn dagegen, als dem oberen Keuper entsprechend, zur Trias. Es kommt im Grunde wenig darauf an, welcher Periode man ihn zuweist, denn seine Stellung in der alpinischen Schichtenreihe wird dadurch gar nicht verändert, und ein so scharfer Abschnitt zwischen Trias und Jura, wie er in Westdeutschland vorhanden ist, fehlt eben im Alpengebiet gänzlich, d. h. der scheinbare Sprung ist dort sicher viel kleiner. Dieser Dachsteinkalk ist auch sonst noch für die vorliegende Aufgabe wichtig; derselbe enthält nämlich eine sehr charakteristische Muschel, die man die Dachsteinbivalve genannt hat *(Megalodon triqueter)*. Diese Art, die man für eine echte Leitmuschel des Dachsteinkalkes hielt, reicht nach Gümbel nebst einigen sehr ähnlichen Species weit tiefer in die alpinische Schichtenreihe hinab, und liefert somit eines der Beispiele, in denen die Dauer der Species nach ihrer ersten Auffindung für viel beschränkter gehalten wurde als sie wirklich ist.

6. Zwischen dem Buntsandstein der Trias, und dem Zechstein der Dyas besteht eine noch unausgefüllte Lücke. Zwar sind einige Geologen der Meinung, dass der untere Vogesensandstein ältere Schichten enthalte als der deutsche Buntsandstein, welche also dem Zechstein entsprechen könnten. Wenn das aber auch richtig sein sollte, so würde dadurch die Lücke in der Entwickelungsreihe der Organismen nicht ausgeglichen, denn diese Vogesensandsteinschichten enthalten keine deutlichen Versteinerungen, und die marinen Species des Zechsteins weichen gänzlich von den aus der Triasperiode bekannten ab. Für die Landpflanzenreste behauptet Göppert, mit Ausnahme zweier noch zweifelhafter Arten, dasselbe. Wir dürfen aber dabei nicht vergessen, dass der Buntsandstein, als ältestes

Google

bekanntestes Glied der Trias, überhaupt nur sehr wenig deutliche Meeresversteinerungen enthält, so dass der Sprung zwischen Muschelkalk und Zechstein möglicher Weise z. Th. durch diese nicht pelagische Formation ausgefüllt ist, aus deren Ablagerungszeitraum keine vergleichbaren Meeresorganismen vorliegen. Findet man irgendwo eine marine Kalksteinbildung an der Stelle des Buntsandsteines, so wird sie möglicher Weise eine bessere Verbindung zwischen Muschelkalk und Zechstein herstellen. Auch in den Alpen und in England sind während dieser Zeit keine mächtigen Kalksteine abgelagert worden. In Russland bestehen die obersten Schichten der Permformation aus bunten Mergeln, die v. Möller bereits für Aequivalente unserer Trias hält; sie scheinen aber ebenfalls wenig oder keine Versteinerungen zu führen.

7. Zechstein und Rothliegendes sind petrographisch wie paläontologisch stark von einander verschieden. Der erstere ist eine kalkreiche echte Meeresablagerung, in der nur einige eingeschwemmte Landpflanzenreste vorkommen, das letztere besteht vorherrschend aus Conglomeraten und Sandsteinen mit Landpflanzenresten; es scheint eine Land- oder Uferbildung, oft mit tuffartigen nnd eruptiven Zwischenlagerungen zu sein. Wohl mit Recht darf man daraus schliessen, dass gleichzeitiges Empordringen von Eruptivgesteinen diesen besonderen localen Charakter veranlasst hat. Trotz dieser Verschiedenheiten ergiebt sich aus den in beiden Formationen vorkommenden Pflanzenspecies und aus gewissen Lagerungsverhältnissen, dass sie innig mit einander verbunden, und nicht durch einen ablagerungslosen Zeitraum von einander getrennt sind. Die Pflanzenreste beider Formationen sind zwar specifisch von einander verschieden, aber doch im Allgemeinen sehr ähnlich. v. Gutbier, Geinitz und Naumann haben sogar nachgewiesen, dass in Sachsen die eigenthümliche Gesteinsbildung des Rothliegenden noch eine Zeit lang fortdauerte, während in Thüringen schon die sehr charakteristischen unteren Schichten der Zechsteinformation abgelagert wurden, so dass also das oberste Rothliegende Sachsens eigentlich als eine Parallelbildung

des untersten Zechsteines in Thüringen (speciell des Kupferschiefers) anzusehen ist.

Im europäischen Russland sind die Ablagerungen derselben Periode ganz anders zusammengesetzt und gegliedert als bei uns, und Murchison rechnet dieselben dort zu einer einzigen Formation, die er sehr passend Permformation genannt hat. Da ist also die innige Verbindung beider Zeitabtheilungen auf eine etwas andere Weise hergestellt.

Wegen der Zweitheilung in Deutschland haben Marcou und Geinitz für diese Periode die Benennung Dyas vorgeschlagen, und es erscheint dieser Vorschlag deshalb annehmbarer als die Bezeichnung „Permperiode", weil er sich auf die zuerst bekannten Ablagerungen bezieht. Dagegen aber liesse sich anführen, dass gerade in Deutschland das Rothliegende nicht überall scharf von der darunter folgenden Steinkohlenformation getrennt werden kann, und dass die marinen Versteinerungen des Zechsteins, namentlich die Brachiopoden und die Fische, eine ziemliche Verwandtschaft mit denen des Kohlenkalksteines zeigen, welcher unter der Steinkohlenformation liegt. Diese Beziehungen könnten veranlassen, vom Zechstein bis zum Kohlenkalkstein hinab Alles einer und derselben grossen Periode zuzurechnen. Auch 19 Pflanzenspecies der Dyasperiode stimmen nach Göppert mit solchen der Steinkohlenformation überein, während *Neuropteris Loshii* sogar noch tiefer hinab reicht. Besonders merkwürdig erscheint es mir aber, dass die Freiberger Sammlung aus der russischen Permformation einen Calamiten besitzt, welcher nicht von *Calamites transitionis* der Kulmperiode zu unterscheiden ist, während diese Form in den deutschen Steinkohlenbildungen gar nicht bekannt ist. Wollten wir uns aber bei der Periodeneintheilung stets von solchen Rücksichten beherrschen lassen, so würde das Endresultat vielleicht sein, dass man überhaupt keine bestimmten Perioden unterscheiden dürfe, weil sie irgendwo (jede einzeln) wahrscheinlich alle innig mit einander verbunden sind.

8. Zwischen Rothliegendem und Steinkohlenformation scheint nur eine verhältnissmässig kleine Zeitlücke — wenn über-

haupt eine — auszufüllen, denn der allgemeine Habitus der Pflanzenreste in beiden Formationen ist ein durchaus übereinstimmender, und circa 19 Species haben, wie erwähnt, beide gemein. Dazu kommt, dass selbst der petrographische Charakter des unteren Rothliegenden in manchen Gegenden beinahe nicht von dem der Steinkohlenformation zu unterscheiden ist. Auch Kohlenlager enthalten diese unteren Schichten zuweilen, und es lässt sich dann kaum ein schlagender Grund für die scharfe Trennung beider Formationen anführen. Erst ganz kürzlich hat Dr. Weiss für die Gegend von Saarbrücken die Schwierigkeit einer bestimmten Trennung der Steinkohlenformation vom Rothliegenden dargelegt (Jahrb. f. Min. 1865 S. 838). An manchen Orten sind sie dagegen scharf von einander geschieden, im erzgebirgischen Kohlenbecken sogar durch übergreifende Lagerung des Rothliegenden über die Steinkohlenformation. Beide gemeinsam bilden dagegen eine auffallende Unterbrechung in der mächtigen Reihe der vorherrschend marinen Formationen des mittleren Europa, und es ist jedenfalls sehr sonderbar, dass noch kein entschieden marines Aequivalent für dieselben bekannt ist.

9. An die echte Steinkohlenformation schliessen sich die sogenannte Kulmbildung und der Kohlenkalkstein innig an. Da kann von einem grossen Zeitsprung oder von einer dazwischenfallenden gewaltigen Katastrophe wieder nicht die Rede sein, nur der allgemeine Charakter der Entstehung ist für die beiden letzteren ein mehr mariner; doch sind auch in diese einige Landpflanzen eingeschwemmt, die mit denen der Steinkohlenformation höchst verwandt, z. Th. sogar identisch sind, während in die Ufersümpfe, aus denen manche Steinkohlenablagerungen hervorgingen, zuweilen ganoide Meeresfische eingedrungen zu sein scheinen, die eine Art Verbindung zwischen den Palaeonisccn des Zechsteins und den Ganoiden der Kohlenkalkbildung herstellen.

Zufällig kennen wir aus diesem älteren Theil der Kohlenperiode, in welchem Kulm und Kohlenkalk sehr verbreitet vom Meere abgelagert wurden, auch eine echte Landformation, die

nur Landpflanzenreste, z. Th. in noch aufrechter Stellung, enthält, und die auch petrographisch eine echte Kohlenformation mit mehreren Kohlenflötzen ist, aber älter als die eigentliche Steinkohlenformation. Es ist das die räumlich sehr beschränkte Kohlenformation, welche bei Hainichen in Sachsen den nordöstlichsten Theil des erzgebirgischen Kohlenbeckens ausfüllt. Die Genera der Pflanzen welche darin als Abdrücke gefunden werden, stimmen alle mit denen der Steinkohlenformation überein, die Species sind dagegen grösstentheils verschieden, wonach also immerhin schon eine bedeutende Aenderung der localen Flora eingetreten sein muss. Solche Wechsel scheinen aber überhaupt für Landpflanzen durch mehr Ursachen bedingt, und deshalb zuweilen, vielleicht nur local, schneller eingetreten zu sein, als für die animalischen Bewohner der grossen Meeresbecken.

Der marine Kohlenkalkstein schliesst sich nach unten innig an die obersten Devonbildungen an. Semenow und v. Möller fanden in den Gouvernements von Tula und Kaluga in Russland eine Kalksteinzone mit Kohlen darunter, welche geradezu eine Mischung von Species des Kohlenkalkes und des oberen Devonkalkes enthält; auch sagt Göppert, dass die Floren dieser Zeiträume „durch ein gemeinschaftliches verwandtschaftliches Band zusammengehalten werden und sich von einander eben nur, wie sie etwa locale Verschiedenheiten darbieten, unterscheiden". (Jahrb. f. Min. 1865 S. 302.)

10. Die Ablagerungen der Grauwackenperiode zeigen in der Reihenfolge ihrer organischen Reste keine auffallenden Sprünge; die devonische und die silurische Formation sind kaum schärfer von einander geschieden als die einzelnen Unterabtheilungen derselben, und es verhält sich, wie wir sahen, ähnlich mit der Grenze der devonischen Formation gegen den Kohlenkalkstein. Gewisse charakteristische Formengruppen sind allen diesen Ablagerungen gemein, nur die Species und die locale Häufigkeit derselben wechseln. Die Graptolithen, Spiriferen, Orthoceratiten, Clymenien, Goniatiten und Trilobiten reichen durch alle diese Ablagerungen hindurch, und z. Th. in noch etwas neuere For-

mationen hinauf. Nirgends ist eine Grenze zu ziehen welche zwei total von einander verschiedene Schöpfungen trennte, denn auch die einzelnen Species sind nicht an gleichmässige Abschnitte gebunden. Barrande, der gründlichste Forscher der böhmischen Silurformation, rechnet dieser gewisse durch Tentaculiten und Goniatiten charakterisirte obere Schichten noch zu, während die Geologen Thüringens und Frankens die durch fast gleiche Versteinerungen charakterisirten Schichten schon an die Devonformation anreihen. Beide dürften local berechtigt sein; es giebt eben keine allgemeinen und scharfen Formationsgrenzen.

Eine sehr wesentliche Vervollständigung dieser Schichtenreihe der Grauwackenperiode ist darum nicht mehr zu erwarten, wohl aber kann man hoffen, noch weit ältere Ablagerungen mit erkennbaren Versteinerungen aufzufinden, in welchen jede Spur von Wirbelthieren und selbst von Gliederthieren fehlt, wenn auch der erste Anfangszustand des organischen Lebens für die Beobachtung unerreichbar bleiben dürfte. Die Entdeckung des *Eozoon,* zuerst durch Logan in den über 20,000 Fuss mächtigen Laurentian-rocks Canada's, welche vorherrschend aus krystallinischen Schiefern mit Einlagerungen von körnigem Kalkstein und Serpentin bestehen, dann in Schottland, und noch später durch Gümbel und v. Hochstetter im Kalkstein und Serpentin der Gneissgebiete Bayerns und Böhmens, hat bereits die Reihe der ursprünglich sedimentären Formationen nach unten sehr bedeutend erweitert, mindestens um eben so viel an Mächtigkeit, als durchschnittlich etwa die gesammte Grauwackengruppe einnehmen mag.

Die ältesten Spuren organischen Lebens auf der Erde lassen sich aber auch als Graphitlager bis in die krystallinischen Schiefer verfolgen, in denen selbst alle Lebensformen durch den Metamorphismus zerstört, oder mindestens sehr verwischt sind, während der Kohlenstoff, mit unverkennbar organischem Ursprung, sich erhalten hat. Der Abdruck eines Asterophylliten in gneissartigem Gestein, welcher kürzlich einiges Aufsehen erregte, ist dagegen noch sehr zweifelhafter Natur

und dabei unsicheren Ursprungs. Auch reicht gerade in den Alpen, aus welchen dieses problematische Exemplar abstammt, der Metamorphismus in so neue Ablagerungen herauf, dass dieser Abdruck — wenn es ein solcher ist — nicht durch sein hohes Alter, sondern eigentlich nur durch seine Erhaltung in einem ganz krystallinisch gewordenen Gestein merkwürdig sein würde. Es ist ja bekannt genug, dass zwischen dem Glimmerschiefer der Furka dolomitische Schichten liegen, welche noch erkennbare Belemniten enthalten.

Diese Betrachtungen über die Lückenhaftigkeit der uns bis jetzt bekannten Formationsreihe liessen sich leicht noch mehr ins Einzelne verfolgen; man könnte namentlich auch noch viele Süsswasserablagerungen als Aequivalente der bekannten marinen vermissen, da offenbar zu allen Zeiten, seitdem es Festländer gab, irgendwo auf der Erde auch Ablagerungen durch Süsswasser entstanden sein müssen. Ihre räumliche Ausdehnung war aber stets eine beschränkte, und daher können sie gerade besonders leicht übersehen werden. Für meinen Zweck genügt übrigens das Vorstehende, denn ich wollte nur zeigen, dass die bis jetzt bekannte Formationsreihe zwar lückenhaft ist, dass wir aber nicht berechtigt sind, diese Lücken — wie es allerdings noch oft von Geologen geschieht — als die Resultate ganz allgemeiner Vorgänge anzusehen, durch welche abgeschlossene geologische, oder sogenannte Schöpfungs-Perioden, von einander abgegrenzt werden. Dergleichen Perioden existiren überhaupt nicht; nur für jede einzelne Erdgegend lassen sich Zeitabschnitte unterscheiden, die aber nicht genau mit denen anderer Gegenden zusammenfallen.

Diese Zeitabschnitte waren offenbar von sehr ungleicher Dauer, für deren Abschätzung uns aber nur höchst mangelhafte Unterlagen zu Gebote stehen.

Irgend eine geringmächtige Schichtengruppe dieser Gegend kann zu ihrer Bildung eben so viel Zeit in Anspruch genommen haben, als eine sehr mächtige in jener. Aus dem Wechsel der Species in nahe über einander liegenden Schichten auf die Schnelligkeit und Plötzlichkeit seines Eintretens zu schliessen

würde aber jedenfalls weit voreiliger sein, als der Schluss aus der Speciesumwandlung auf einen sehr grossen Zeitverlauf. Der letztere Schluss erscheint offenbar berechtigter als der erstere, und wenn wir mehrfach in der Ablagerungsreihe eine fast ganz neue Fauna oder Flora sogleich sehr vollständig entwickelt und in einer unermesslichen Zahl von Individuen auftreten sehen, so ist es sicher widernatürlich, anzunehmen, dass nicht nur alle diese Arten plötzlich neu, sondern auch sogleich in einer so ungeheueren Zahl von Individuen erschaffen worden seien. Viel natürlicher ist es dann, zu vermuthen, dass die Entwickelung dieser neuen Lebensformen während eines langen Zeitraumes erfolgt sei, aus dem zufällig noch keine Ablagerungen bekannt sind.

Fast ganz isolirt steht z. B. bis jetzt noch die reiche Fischfauna der eocänen Schiefer des Cantons Glarus in der allgemeinen Entwickelungsreihe. Von den 53 Fischarten der sogenannten Matterschiefer ist noch keine in einer anderen Erdgegend gefunden worden, und das sind lauter Species die ein tiefes offenes Meer bewohnten. Müssen wir nicht daraus schliessen, dass für diesen Zeitraum noch ausserordentliche Lücken auszufüllen sind? Diese 53 Fischspecies können doch unmöglich plötzlich local entstanden, sich in grosser Individuenzahl entwickelt haben, und dann ebenso plötzlich wieder verschwunden sein.

Noch ein Problem in der Reihe der sedimentären Ablagerungen sieht seiner definitiven Lösung entgegen. Es sind das die sogenannten Colonien Barrande's. Dieser gründlichste Forscher der silurischen Fauna fand Unterbrechungen der normalen Reihe, welche darin bestehen, dass eine Schichtengruppe zwischen anderen Schichten Reste von Thieren enthält welche eigentlich einer anderen Periode angehören, und suchte dieselben dadurch zu erklären, dass er annahm, aus benachbarten Meeresbecken, deren organische Entwickelung eine etwas raschere oder langsamere gewesen, seien in Folge von Senkungen und neuen Beckenverbindungen Einwanderungen fremdartiger Species erfolgt, die er deshalb Colonien nannte, und welche nun

die normale Reihe unterbrechen, da nach einer neuen Trennung der Becken der alte Zustand seine Fortsetzung gefunden habe. Krejci und Lipold glauben zwar die auffallende Thatsache weit einfacher durch Störungen der Lagerung, Faltung oder Ineinanderschiebung der Schichten erklären zu können, wie ich selbst deren früher in den Triasbildungen Thüringens und Frankens zahlreich nachgewiesen habe, und wie sie auch im Gebiet der Alpen gar nicht selten sind. Da aber Barrande seine Ansicht aufs Neue zu stützen versucht hat, und blosse Störungen der Lagerung als ungenügend bezeichnet, eine Mischung der Arten zu erklären, so darf man wohl die Frage noch nicht für endgültig entschieden halten. Ein Urtheil darüber abzugeben ohne eigene Beobachtung der Thatsachen, würde mir unzulässig erscheinen, obwohl mir nach Lage der Acten, mechanische Störungen durchaus als das Wahrscheinlichere erscheinen.

Digitized by Google

III.

VULKANISCHE THÄTIGKEIT UND ERUPTIVE FORMATIONEN.

Vulkanische Thätigkeit.

Es ist hier nicht der Ort eine eingehende Schilderung der Vulkane und ihrer speciellen Wirkungen zu geben; das Wesentlichste derselben besteht darin, dass in gewissen Erdgegenden durch Oeffnungen in der festen Erdkruste von Zeit zu Zeit Ausbrüche erfolgen, wobei heissflüssige Mineralmassen, sogenannte Laven, zugleich mit allerlei Gasarten — z. Th. Wasserdämpfen — oft mit grosser Energie emporgedrängt werden. Die theils zusammenhängend aus- und überfliessenden, theils als lockeres Material — Schlacken, Lappille und sogenannte Asche — ausgeschleuderten Lavamassen häufen sich um die Ausbruchsöffnungen zu kegelförmigen Bergen mit trichterförmigen Schlünden — sogenannten Kratern — an, die sich durch wiederholte Eruptionen mehr und mehr vergrössern, bis zuweilen ein Theil derselben wieder in sich zusammenstürzt und einen kreisförmigen Wall (sogenannten Erhebungskrater) zurücklässt, in welchem sich dann oft wieder ein neuer Eruptionskrater bildet, wie der Vesuv in der Somma.

Weder die geographische Vertheilung der thätigen Vulkane, deren mehrere Tausend bekannt sind, noch ihre Eruptionszeiten

Digitized by Google

haben bestimmte Gesetze erkennen lassen; dieselben erscheinen vielmehr vorläufig durchaus zufällig, d. h. wir kennen die Ursachen der gegenwärtigen Vertheilung und der Eruptionsperioden noch nicht. Dagegen ist die weit überwiegende Mehrzahl der Geologen der Ansicht, dass die Erscheinnngen der Vulkane überhaupt, durch ein locales und unregelmässig periodisches Empordrängen des inneren, noch jetzt heissflüssigen Theiles der Erdmasse durch die feste Kruste zu erklären sei. Damit bringt man dann auch die auffallenden momentanen Erschütterungen grosser Erdoberflächengebiete, welche Erdbeben genannt werden, in eine innige Beziehung, d. h. man leitet auch sie aus derselben Hauptursache her. Alexander v. Humboldt hat diesen wahrscheinlichen Zusammenhang vortrefflich durch die Worte ausgedrückt: „Die vulkanische Thätigkeit ist eine Reaction des heissflüssigen Erdinnern gegen die feste Kruste und deren Oberfläche".

Die sehr vereinzelten abweichenden Ansichten welche rücksichtlich der Vulkane bestehen bedürfen hier keiner Beachtung. Ein anderer Fall ist das rücksichtlich der Erdbeben. Man pflegt vulkanische und plutonische Erdbeben zu unterscheiden. Die ersteren stehen in unmittelbarer räumlicher und zeitlicher Beziehung zu den vulkanischen Eruptionen, d. h. fast jede Eruption ist von solchen Bodenerschütterungen begleitet, oder wird durch sie eingeleitet, die aber gewöhnlich nur die nächste Umgegend des thätig gewordenen vulkanischen Berges betreffen. Die plutonischen Erdbeben finden dagegen zuweilen auch weit entfernt von allen Vulkanen, und unabhängig von ihren Eruptionen statt. Dafür sind sie oft, und fast momentan, über weit grössere Flächenräume verbreitet als jene vulkanischen. Von dem Erdbeben welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte, wird sogar behauptet, dass es gleichzeitig ein Dreizehntel der Erdoberfläche betroffen habe. Es ist nun in neuester Zeit mehrfach der vulkanische oder eigentlich plutonische Ursprung dieser sogenannten plutonischen Erdbeben, d. h. ihre Veranlassung durch Reaction des flüssigen Erdinnern, bestritten, und dagegen behauptet worden, sie seien

durch Einstürze von Hohlräumen im Erdinnern zu erklären, welche nach und nach durch Auflösung und Ausspülung gewisser Erdschichten oder einzelner Theile derselben, entständen.

Niemand kann bestreiten, dass solche Einstürzungen vorkommen, und dass dabei — ebenso wie bei Berg- oder Felsstürzen — erdbebenartige Bodenerschütterungen hervorgebracht werden. Noch in keinem nachweisbaren Falle hat aber eine solche durch Einsturz bedingte Erschütterung gleichzeitig einen Flächenraum von mehr als 10 oder 20 Quadratmeilen betroffen, in allen Fällen in denen sich Einsturztrichter bildeten, war die Erschütterung sogar höchstens eine Meile weit bemerkbar, während die Verbreitungsgebiete der eigentlichen Erdbeben viele Hunderte ja Tausende von Quadratmeilen einzunehmen pflegen — das Lissaboner, nach noch nicht widerlegten Angaben, sogar 700,000 Quadratmeilen. Dieser Umstand ist ein Hauptgrund welcher gegen den neuen Erklärungsversuch spricht; ein zweiter besteht darin, dass durch mehrere sehr ausgedehnte Erdbeben bleibende Erhebungen der festen Erdoberfläche hervorgebracht worden sind, die über Hunderte von Quadratmeilen ausgedehnt 1 bis 10 Fuss betragen haben, während doch nach der Einsturztheorie unbedingt nur locale oder allgemeine Senkungen eintreten könnten. Die Vertheidiger derselben haben sich deshalb genöthigt gesehen, sowohl die behauptete Grösse der Erschütterungsgebiete, als auch die berichteten Erhebungen in Zweifel zu ziehen. Ist es nun sicher schon sehr bedenklich, und kaum zulässig, wenn man um einen neuen Erklärungsversuch aufrecht erhalten zu können, genöthigt ist die vorliegenden Berichte über Thatsachen zu bezweifeln, ohne sie wirklich widerlegen zu können, und zwar dieselben Berichte auf welche in anderer Beziehung der neue Erklärungsversuch gegründet wird, da ausreichende eigene Beobachtung fehlt, ja sogar für den Einzelnen unmöglich ist, so wird dieser neue Erklärungsversuch um so unhaltbarer, da er nicht einmal hinreicht, um die zugegebenen Thatsachen zu erklären; denn wenn sich auch die sicher nachgewiesenen Erschütterungsgebiete von Tausenden auf nur Hunderte von Quadratmeilen reduciren

liessen, so würde es der Einsturztheorie dennoch unmöglich sein dieselben zu erklären. Da es undenkbar erschien, dass eine so weit um sich greifende Bodenerschütterung von einer local beschränkten Ursache, gleichsam von einem Punkte ausgehe, so nahm man an, dass die Auswaschungen gleichzeitig sehr grosse unterirdische Flächenräume betroffen hätten. Das würde unter gewissen Beschränkungen ganz zulässig sein; es können in einer bestimmten, dazu geeigneten Erdschicht oder Schichtengruppe zahlreiche Höhlungen ungefähr gleichzeitig ausgespült werden, und sobald eine derselben einstürzt, werden ihr möglicher Weise alle anderen folgen, wenn sie auch für sich allein noch nicht reif dazu waren; aber die Grösse nnd Gestalt des auf diese Weise erschütterten Flächenraumes würde dann allemal von der besonderen Beschaffenheit des inneren Erdbaues abhängig sein. Das Erschütterungsgebiet könnte nicht viel grösser nnd nicht viel anders gestaltet sein, als die innere horizontale Verbreitung der betreffenden Schicht. Wenn wir nun aber die auf Karten verzeichneten Erschütterungsgebiete der am besten bekannten Erdbeben betrachten, und mit geologischen Karten derselben Gegend vergleichen, so ergiebt sich sehr bald, dass ihre Lage, Gestalt und Grösse durchaus nicht mit irgend einem denkbaren unterirdischen Gesteinsverbreitungsgebiet übereinstimmt. Es wird das ganz besonders deutlich bei allen ausgedehnteren Erdbeben der Schweiz, deren ziemlich gut bekannter innerer Bau ein so äusserst wechselnder und complicirter ist; aber auch das Erdbeben welches am 29. Juli 1846 das Mittelrheingebiet erschütterte, liefert in dieser Beziehung einen höchst schlagenden Beweis gegen die Einsturztheorie.

Dass auch die vulkanische Lehre noch keine völlig genügende Erklärung der speciellen Ursachen für Erdbeben geliefert hat, mag zugegeben werden; sie gründet sich aber nicht auf eine solche Erklärung, sie benutzt vielmehr nur das über die historischen Erdbeben und Vulkanausbrüche Bekannte, um dadurch die Resultate analoger Vorgänge in längst vergangene Zeiten zurück zu verfolgen und möglichst zu erklären; so besonders die Störungen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse,

die nachweisbaren Niveauänderungen, (Wechsel der Meeresvertheilung, Gebirgserhebung u. s. w.) sowie die Form, die Lagerungsweise und den Zustand der eruptiven Gesteine. Dabei schliesst diese Lehre aber keinesweges aus, dass locale Erschütterungen, Spaltungen und Schichtenstörungen auch durch unterirdische Auswaschung und darauf folgenden Einsturz bewirkt worden sind.

Eruptive Formationen.

Die Untersuchung der festen Erdkruste hat ergeben, dass dieselbe theils aus parallel über einander gelagerten, wenn auch nachträglich vielfach veränderten und verschobenen Gesteinen besteht, theils aus solchen, welche diese unregelmässig unterbrechen und durchsetzen. Die ersteren sind ursprünglich abgelagert, sedimentär, und nur z. Th. durch Umwandlung krystallinisch geworden, metamorphisch. Die letzteren bezeichnet man als eruptiv oder injectiv, d. h. als in einem weichen Zustande von unten nach oben zwischen jene eingepresst.

Es mag gut sein zur Versinnlichung dieser und der folgenden Begriffe und Vorstellungen eine ganz ideale Zeichnung zu entwerfen, nur um das gegenseitige Verhalten von Plutonisch, Vulkanisch, Injectiv, Sedimentär und Metamorphisch zu veranschaulichen, was freilich für diejenigen welche sich viel mit Geologie beschäftigt haben, unnöthig ist. Diese Zeichnung liesse sich etwa so ausführen (Fig. 2, S. 141).

Wenn wir auch ganz absehen wollten von der innigen Verwandtschaft aller eruptiven Gesteine mit den Laven der Vulkane, von ihrer fast gleichen mineralogischen und chemischen Zusammensetzung und von den vollständigen Uebergangsreihen, die sich von den echten Laven durch die Basalte, Trachyte, Grünsteine und Porphyre bis zu den Syeniten und Graniten nachweisen lassen, so würden schon allein die Lagerungsverhältnisse dieser eruptiven Gesteine jeden Unbefan-

genen überzeugen müssen, dass sie auf andere Weise entstanden sind als die sedimentären, und dass sie in einem weichen Zustande zwischen letztere eingedrungen, oder über ihnen ausgeflossen.

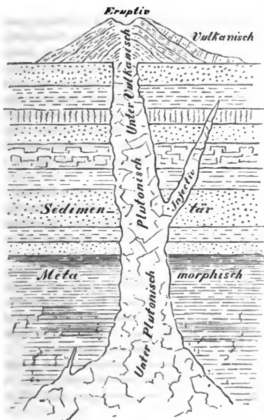


Fig. 2. Die eruptiven Formationen.

Die Bedenken welche gegen Erstarrung des Granites und ähnlicher Gesteine aus einem heissflüssigen Zustande erhoben wurden, sind bereits widerlegt, aber wenn wir sie auch als

vollkommen begründet, und damit den einst heissflüssigen Zustand der Granite u. s. w. als unmöglich ansehen wollten, so würden immer noch ihre Lagerungsverhältnisse ganz unzweifelhaft eine eruptive oder injective Entstehung derselben erweisen, möchte man sich dabei ihren Zustand und den Grund ihres Empordringens in einer Weise denken in welcher immer man wollte. Dieser Umstand ist von gewissen Chemikern, denen die Geologie übrigens sehr viel zu verdanken hat, beinahe ganz unbeachtet gelassen worden; sie haben auf die Lagerungsverhältnisse keine Rücksicht genommen, und nur den chemischen Zustand der Massen untersucht, welcher allerdings einer mehrfachen Deutung fähig sein mag. So lange aber die Erklärungen welche diese Chemiker von der Granit-, Syenit-, Grünstein-, oder Porphyrbildung geben, nicht gleichzeitig auch mit den Lagerungsverhältnissen in Einklang gebracht werden können, so lange sind sie unzulässig.

Die Geologen haben dagegen unter dem Beistand anderer Chemiker jene Bedenken beseitigt, und die Lehre der heissflüssigen, oder auch heisswässrigflüssigen Entstehung aller Eruptivgesteine findet sich in vollem Einklang mit dem Zustand der Massen, wie mit ihrer Lagerung.

Die Erklärung der Eruptivgesteine durch Empordrängen aus dem Erdinnern im heissflüssigen Zustande hat aber lange Zeit zu sehr falschen Vorstellungen über ihre Einwirkung auf die durchbrochenen Gesteine veranlasst, und diese falschen Vorstellungen lieferten allerdings bequeme Angriffspunkte für die Gegner der eruptiven Entstehung überhaupt.

Man setzte Einwirkungen chemischer und mechanischer Art voraus, die sich in Wirklichkeit nicht finden, und die bei unbefangener Beurtheilung auch gar nicht zu erwarten waren.

Man meinte, die durchbrochenen Gesteine müssten neben den eruptiven stets, und in grosser Ausdehnung, die Einwirkungen hoher Temperatur, Schmelzung oder dergleichen erkennen lassen, und die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse müssten durch die eruptiven Gesteine jederzeit sehr gestört sein.

Fast alle Schichtenaufrichtungen, Verwerfungen und Biegungen, fast alle Gebirgserhebungen, wurden eruptiven Gesteinen Schuld gegeben, und wo man dergleichen nicht als Ursache an der Oberfläche auffinden konnte, da setzte man sie wenigstens in der Tiefe oder in der Nachbarschaft als vorhanden voraus. Wo irgend die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse erkennbar stark verändert waren, da glaubte man, es müsse ein eruptives Gestein die Ursache gewesen sein, und wo irgend die gewöhnliche Beschaffenheit sedimentärer Gesteine local bemerkbar verändert war, da nahm man ebenfalls an, es sei ein eruptives Gestein daran schuld.

Ich will nicht behaupten, dass das alle Geologen gethan haben, aber sehr viele haben es gethan, und manche populäre Schriften sprechen noch jetzt mit einer gewissen Vorliebe von dergleichen Kraftäusserungen und Gewaltthätigkeiten in der Natur, deren Spuren in Wirklichkeit selten zu finden sind.

Bei vorurtheilsfreier Beobachtung ergiebt sich, dass das Empordringen eruptiver Gesteinsmassen nur sehr selten solche auffallende chemische oder mechanische Aenderungen hervorgebracht hat. Für weitgreifende chemische Aenderungen scheint in der Regel die Wirkungszeit bis zur Erstarrung zu kurz gewesen zu sein. Verglasungen oder Verschlackungen sind neben tief plutonischen Gesteinen überhaupt nicht denkbar, nicht blos wegen des Druckes, sondern auch weil sehr langsame Abkühlung nie solche Producte hinterlässt, selbst wenn Schmelzung vorhanden war.

Die meisten Gebirgserhebungen lassen sich nicht mit dem Empordringen eruptiver Gesteine in Beziehung bringen, die meisten und stärksten Störungen der Lagerung finden sich nicht in der Nähe eruptiver Gesteine; der metamorphische Zustand der sogenannten krystallinischen Schiefer lässt sich nicht auf eruptive Gesteine zurückführen. Geradezu nur ausnahmsweise findet man neben Eruptivgesteinen die von ihnen durchbrochenen sedimentären oder metamorphischen in der Art stark verändert, beträchtlich aufgerichtet u. s. w., dass man die Schuld davon der Eruption jener beimessen könnte. Die Tau-

Digitized by Google

sende von Basaltdurchbrüchen welche sich nur in Deutschland allein gut beobachten lassen, haben sehr selten auffallende oder wesentliche Aenderungen in der Lagerung oder im Zustand der durchbrochenen Gesteine hervorgebracht, und dasselbe gilt auch von allen anderen Eruptivgesteinen. Die älteren Schichten finden sich allerdings häufig auch in der Nähe eruptiver Gesteine aufgerichtet oder sonst gestört, aber nur sehr selten lassen sich diese Störungen in eine bestimmte Beziehung zu den eruptiven Gesteinen bringen; sie waren wahrscheinlich meist vor ihnen schon vorhanden, oder sie sind nachher durch andere Ursachen eingetreten, was sich schon aus ihrer allgemeinen Verbreitung zu erkennen giebt.

Einzelne Bruchstücke haben allerdings eruptive Gesteine ungemein häufig losgerissen und umschlossen — und die Zweifel welche hiergegen ganz neuerdings erhoben worden sind, dürften wohl wesentlich aus mangelhafter Beobachtung hervorgehen — aber Wirkungen in einige Ferne haben sie nur selten ausgeübt. Wo dagegen die Schichten ganz ungemein stark durcheinander geworfen oder gefaltet sind, wie z. B. in den nördlichen Alpen, da fehlen oft alle eruptiven Gesteine. Es verhält sich ganz ähnlich im Jura, in den Weserketten, nördlich vom Harz, in den thüringischen Dislocationslinien u. s. w.

Wenn wir die Verhältnisse unbefangen heurtheilen, dann erscheinen diese Thatsachen auch ganz nothwendig; es würde vielmehr sehr schwer zu erklären sein, wenn kleine Eruptivmassen mächtige und ausgedehnte Ablagerungen aufgerichtet oder sonst stark verändert hätten, denn stets muss die Ursache mit der Wirkung in einem naturgemässen Verhältniss stehen.

Wenn wirklich die eruptiven Gesteine aus dem heissflüssigen Erdinnern emporgedrungen sind und als Laven noch jetzt empordringen, so haben sie in der Regel eine feste Kruste von mehreren Meilen zu durchbrechen gehabt, ehe sie die Oberfläche erreichten. Wie sollte aber eine flüssige Masse, selbst wenn sie in einer mehr als 1000 Fuss weit geöffneten Spalte empordrang, in einer einige Meilen dicken, starren Kruste wesentliche Aenderungen bewirken können?

Das flüssige Erdinnere konnte überhaupt nur dann gegen die Oberfläche emporsteigen, wenn durch irgend einen Umstand eine Spalte oder ein anderer Weg geöffnet war. In der flüssigen Masse an sich liegt dabei keine andere Kraft als die des Emporgedrängtwerdens; die unmittelbaren Wände der Spalten oder anderer Oeffnungen mögen dadurch einige Veränderungen erleiden, aber ein solcher Einfluss kann nur dann belangreich werden, wenn ein ganzer Erdkrustentheil gleichzeitig sehr vielfach zerspalten ist und die einzelnen Stücke dadurch gewissermaassen isolirt sind. Die flüssige Masse mag sich durch Friction oder Schmelzung einen local weiteren Weg, eine Art Kraterschlund bahnen, aber sie wird nicht ganze Erdkrustentheile erheben oder aufrichten, so lange sie irgend einen Ausflussweg findet.

Wir dürfen vielleicht voraussetzen, dass in einer Zeit in welcher die starre Erdkruste noch viel dünner war als jetzt, ihre durchbrochenen Theile von damaligen Eruptionen mehr durcheinander geworfen worden sind; aber die Ueberreste aus einer so frühen Periode lassen sich, wie es scheint, nur äusserst selten beobachten; sie sind meist wieder zerstört, verwischt, eingeschmolzen oder überdeckt.

Sehr belehrend sind jedenfalls in dieser Beziehung die noch jetzt thätigen Vulkane. Die erhebenden Wirkungen welche man ihren Eruptionen eine Zeitlang zuschrieb, haben sich fast alle als nichtig ergeben. Die durchbrochenen Schichten sind neben ihnen nicht aufgerichtet, die sogenannten Erhebungskrater sind zu Einstürzungskratern geworden, die geneigten Lava- und Schlackenschichten der Kegel verdanken ihre Stellung grösstentheils der besonderen Art ihrer Anhäufung um die Eruptionsöffnung, und nur znm kleineren Theile einer Volumenvermehrung, welche im Inneren durch in Zerspaltungen eindringende Lava verursacht wird.

Was wir an den Vulkanen nicht beobachten, das sollten wir auch neben den älteren Eruptivgesteinen nicht erwarten.

Auch die Erhebung der Gebirge ist sehr oft dem Empordrängen der in ihnen beobachtbaren Eruptivgesteine Schuld

gegeben worden. Nun findet sich aber, dass manche sehr bedeutende Gebirge, wie z. B. der Jura — im kleineren Maassstabe auch die Weserketten — gar keine eruptiven Gesteine enthalten. Andere enthalten zwar Eruptivmassen, ganz in der Regel aber darunter keine, deren Entstehungszeit nachweisbar mit der Erhebungszeit dieser Gebirge zusammenfällt.

Im Harz und im Thüringer Walde finden sich z. B. nur solche Eruptivgesteine, die entschieden älter sind als die am Rande beider Gebirge erhobenen Schichten.

Im Erzgebirge, im Fichtelgebirge, Riesengebirge und Odenwald giebt es vereinzelte Basaltmassen, deren Entstehungszeit möglicher Weise mit den letzten Erhebungen dieser Gebirge zusammenfallen kann. Nach der Art der Vertheilung dieser Basalte und nach ihrem gesammten übrigen Verhalten ist es aber dennoch sehr unwahrscheinlich, dass sie irgend einen Antheil an der Erhebung dieser Gebirgsmassen gehabt haben, die überdies jedenfalls auch schon weit früher begonnen hatte.

Im Schwarzwalde sind wieder alle Eruptivgesteine entschieden älter als die an seinem Rande erhobenen Schichten, und in den Alpen liegt zwar die Möglichkeit vor, dass gewisse Eruptivmassen der Centralketten und des Südabhanges während der grossen alpinischen Erhebungsperiode empordrangen, aber ein wirklicher Zusammenhang beider Vorgänge ist auch hier nicht nachweisbar, und jedenfalls nahm die Erhebung der Alpenketten einen viel längeren Zeitraum in Anspruch, als die Eruption oder Injection jener Gesteine.

Das böhmische Mittelgebirge, die Rhön und das Vogelsgebirge sind allerdings ganz eruptiver (sogar vulkanischer) Entstehung, aber sie bestehen als Gebirge eigentlich nur aus den ausgeflossenen Massen, nicht aus erhobenen Theilen der festen Erdkruste. Ihre Basis ist nur local durchbrochen, sonst ohne grosse Störung der ursprünglichen Lagerung; über den nur durchbrochenen, sedimentären Gesteinen, welche die zusammenhängende Grundlage bilden, erheben sich die fast isolirten vulkanischen Kegel; von Erhebung des Bodens kann man da nicht sprechen, sondern nur von Durchbrechung und Aufschüttung.

Digitized by Google

Diese nur aus Deutschland entlehnten Beispiele liessen sich leicht durch solche aus anderen Erdgegenden vermehren; ich habe es aber vorgezogen hier nur solche anzuführen, die mir persönlich hinreichend genau bekannt sind, zu denen ich allerdings auch noch die Karpathen als ein sehr schlagendes Beispiel hinzufügen könnte.

Ich habe in einem früheren Abschnitt bereits nachgewiesen, dass das Material der Eruptionen in den verschiedenen Erdentwicklungsperioden nicht wesentlich, und namentlich nicht constant verschieden gewesen ist, dass sich daher auch für die einzelnen Eruptivgesteine nicht eine bestimmte Altersreihe feststellen lässt. Dennoch findet man nicht selten mit einem gewissen Scheine der Berechtigung angegeben: in der Primärzeit fanden besonders Graniteruptionen statt, in der Kohlen- und Dyasperiode vorzugsweise Porphyreruptionen, in der Tertiärperiode Eruptionen von Basalt, Trachyt u. s. w. Ich sage, diese Behauptungen haben einigen Schein für sich, weil man die Ablagerungen der genannten Perioden oft mit den angeführten Eruptivgesteinen verbunden findet. Richtiger würde man aber sagen: die Eruptivmassen dieser Perioden sind in ihrem der Beobachtung zugänglichen Niveau gewöhnlich Granite, Porphyre, Basalte u. s. w., weil ihr mehr plutonischer oder mehr vulkanischer Theil gerade bis zu diesem Niveau zerstört und abgespült, oder umgekehrt noch bedeckt ist.

Es giebt dagegen genau untersuchte Beispiele, die einer bestimmten Altersreihe der eruptiven Gesteine durchaus widersprechen. Nur an einige derselben will ich hier erinnern: Der echte quarzreiche rothe Granit von Predazzo in Tirol, wie der Syenitgranit oder Monzonit derselben Gegend, ist nachweisbar neuerer Entstehung als alle Ablagerungen der Triasperiode, wahrscheinlich sogar jünger als einige Glieder der Juraperiode. Die dem Syenit und Diorit höchst ähnlichen Eruptivgesteine des Banat, welche oft als Granit oder Syenit bestimmt worden sind, und welche ich dann gemeinsam Banatite genannt habe, sind entschieden nach Ablagerung der Juraformation, wahrscheinlich sogar nach Ablagerung der in jener Gegend vorhandenen Schichten der Kreideperiode, eruptiv geworden.

Solche gut beobachtbare und genau untersuchte Beispiele, welche der Voraussetzung eines stets sehr hohen Alters von Granit, Syenit oder Diorit widersprechen, sind ganz geeignet jene auf den blossen Schein begründeten Vorurtheile zu berichtigen. Sie beweisen, dass sich in Wirklichkeit keiner Periode bestimmte Eruptivgesteine zuweisen lassen.

Auffallend ist es allerdings, dass Geschiebe oder Fragmente von echtem Basalt oder Trachyt auf dem Continent Europa's noch nicht in älteren conglomeratartigen Ablagerungen als in tertiären gefunden worden sind. Man wird dadurch zu der Vermuthung geführt, dass diese besondere petrographische Entwickelung der Masse nur einer verhältnissmässig neuen geologischen Periode angehöre; aber abgesehen davon, dass englische Geologen in sehr alten Ablagerungen echt basaltische Geschiebe gefunden zu haben behaupten, würde durch den Mangel alter Basalte das höchst ungleiche Alter der Granite, Quarzporphyre, Syenite, Grünsteine u. s. w. noch nicht widerlegt, und es könnte vielleicht der Mangel so specifisch vulkanischer Erstarrungsproducte aus älteren Perioden darin seinen Grund haben, dass unter einer dichteren Atmosphäre auch die echt vulkanischen Bildungen einen etwas mehr plutonischen Charakter erhielten. Doch bedarf es vor Allem noch der völligen Feststellung des Mangels jener Gesteine unter den Gebilden der älteren Zeit, der wie gesagt von englischen Geologen bestritten wird. Uebrigens komme ich auf diesen Gegenstand im siebenten Abschnitt nochmals zurück.

Auffallend ist es auch, dass die Ablagerungen der Grauwackenperiode in vielen Erdgegenden ganz besonders häufig von Grünsteinen begleitet oder durchbrochen sind, die Ablagerungen des Rothliegenden dagegen von Porphyren und Porphyriten, sowie die der Braunkohlenformation von basaltischen Gesteinen. Da dies indessen nicht überall der Fall ist, und da dieselben eruptiven Gesteine auch ganz ausserhalb der Gebiete jener Ablagerungen gefunden werden, so lässt sich daraus kein sicherer Schluss ziehen.

Digitized by Google

IV.

GEOLOGIE DER ALPEN

als belehrendes Beispiel.

Das Gebiet der Alpen blieb im mittleren Europa am längsten ein geologisches Räthsel, obwohl es von jeher die Aufmerksamkeit der Geologen erregte, und die grossartigsten Einblicke in den inneren Bau unserer Erdkruste zu gestatten schien. Die Schichtenreihen welche man zu beiden Seiten einer vorherrschend krystallinischen Centralkette beobachtete, stimmten weder nach den Gesteinen und deren Mächtigkeit, noch nach ihren organischen Resten mit denen überein, welche im übrigen Deutschland, in Frankreich und England gefunden worden waren. Sie zeigten sich in den sonderbarsten gegenseitigen Stellungen, und oft auf das Bunteste durcheinander geschoben. Versteinerungen zur Vergleichung mit anderen Ablagerungen fehlten lange Zeit gänzlich, und als man deren (an einigen Stellen sogar sehr viele) fand, da wichen diese fast alle von den bis dahin bekannten Arten mehr oder weniger ab, ja es schien sogar eine Zeit lang, als würde durch sie allen bisherigen Erfahrungen über die Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens auf der Erde widersprochen. Man fand z. B. Orthoceratiten in einer Schicht, ja in einem Stück Kalkstein, zusammen mit echten Ammoniten, — also zwei Genera ver-

Google

eint, die man bis dahin für geologisch weit von einander getrennt gehalten hatte, — ebenso Ceratiten mit Belemniten.

Bevor man überhaupt deutliche Versteinerungen in den Alpen kennen lernte, hielt man die meisten sedimentären Ablagerungen derselben, nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit, für weit älter als sie sich nachher herausgestellt haben. Der Alpenkalk, unter welcher Bezeichnung man alle deutlich sedimentären Kalksteine dieses Gebietes zusammenfasste, wurde damals theils zur Grauwacke, theils zum Zechstein, dem sogenannten alten Flötzkalk, gerechnet; manche Thonschiefer der tertiären Flyschformation galten ebenfalls für Grauwackenschiefer, und ebenso die fischreichen Schiefer von Glarus, welche zum Dachdecken benutzt werden, obwohl sie ebenfalls nur eocän sind. Dieses Vorurtheil für ein höheres Alter der Alpengesteine beruhte auf der starken Veränderung welche die meisten derselben unter dem Druck mächtiger Bedeckung erlitten haben. Je besser man nach und nach diese Gesteine der Alpen nach Lagerung und organischem Inhalt kennen lernte, um so jünger sind sie in den Augen der Geologen geworden, und es hat sich hier wie anderwärts gezeigt, dass die Beschaffenheit der Gesteine im Allgemeinen gar nicht über ihr Alter belehrt.

Den unermüdlichen Arbeiten der Wiener, Münchener und Schweizer Geologen ist es endlich gelungen, das Wirrsal der alpinischen Schichten zu lösen, sie über einander zu ordnen, und sie denen anderer Gegenden einigermaassen zu parallelisiren. Sie haben zu beiden Seiten der Centralkette, wenigstens im Osten des Gebietes, mächtige Grauwackenbildungen theils als silurisch, theils als devonisch erkannt; sie haben auf der Südseite und in den Westalpen Ablagerungen der Steinkohlenperiode nachgewiesen, während überall Vertreter des Rothliegenden und des Zechsteins gänzlich zu fehlen scheinen; doch vermuthen Einige, dass die sogenannten Sernfgesteine diesem Zeitalter angehören. Sie haben viele tausend Fuss mächtige Ablagerungen des sogenannten Alpenkalkes in zahlreiche Glieder der Trias-, Jura- und Kreidegruppe aufgelöst, denen sie wegen ihrer abweichenden Beschaffenheit besondere Namen

gaben. Sie haben endlich über diesen Alpenkalksteinen die nummulitenreichen Eocängebilde von den miocänen und pliocänen (oder neogenen) tertiären Ablagerungen getrennt, welche letztere wenigstens in den östlichen Alpen nicht mehr an den gewaltigen Faltungen und Aufrichtungen theilnehmen von denen alle älteren Schichten betroffen worden sind, während das in der Schweiz allerdings der Fall ist.

Durch das Alles sind manche ganz unerwartete Aufklärungen über die Sedimentärgebilde überhaupt gewonnen, und neuen Anschauungen ist dadurch Bahn gebrochen worden. Es hat sich bei dieser Gelegenheit auch zuerst recht deutlich gezeigt, dass die organischen Reste in gleich alten Ablagerungen, selbst benachbarter Erdgegenden, keineswegs stets gleich sind, zuweilen vielmehr sehr verschieden von einander; es hat sich gezeigt, dass das Genus *Orthoceratites* noch weit über die Kohlenperiode hinaus und bis in die Triasperiode herein, lebend existirte, während echte Ammoniten, nicht blos Ceratiten, in der letztern Periode ebenfalls bereits vorhanden waren.

Dadurch ist aber das Vertheilungsgesetz der fossilen Organismen, — die Lehre von der constanten Verschiedenheit in ungleich alten Ablagerungen, und ihre Anwendbarkeit zu geologischen Altersbestimmungen — nicht überhaupt gefährdet, sondern nur im Einzelnen modificirt worden, denn die triasischen Species von Orthoceratiten und Ammoniten in den alpinischen Ablagerungen sind durchaus andere als man von jenen in der Grauwacke und von diesen im Jura kennt; nur für die beiden Genera ist dadurch eine grössere Lebensdauer festgestellt worden als man nach den früheren Erfahrungen anzunehmen berechtigt war. Ebenso beruhen alle die übrigen Abweichungen der alpinen Versteinerungen in neuen Species, nicht aber in der Wiederkehr bereits bekannter in ungehörigem Niveau.

Die Ablagerungen der Triasperiode sind demnach im Alpengebiet nicht nur ganz anders gegliedert, aus anderen Gesteinsschichten zusammengesetzt als im benachbarten Deutschland und Frankreich, sie sind auch ungleich viel mächtiger entwickelt, und ihre Versteinerungen tragen einen weit pelagi-

Digitized by Google

scheren Charakter zur Schau als die in der deutschen Trias — dem Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper —, welcher besondere Charakter überdies auch innerhalb der Alpen, von Nord gegen Süd zuzunehmen scheint. Dieser letztere Umstand berechtigt einigermaassen zu dem Schlusse, dass das deutsche und französische Triasmeer durch einen Landrücken vom alpinischen getrennt war, während sich letzteres in östlicher und wohl auch südlicher Richtung über einen sehr grossen Flächenraum der damaligen Erdoberfläche ausdehnte; denn nicht nur im ganzen Karpathengebiet, in der europäischen Türkei, in Kleinasien und im Himalaja hat man Reste der alpinischen Triasfauna wiedergefunden, sondern selbst in Neuseeland beobachtete v. Hochstetter zwei von den alpinen nicht unterscheidbare Triasspecies (*Monotis salinaria* und *Halobia Lomeli).* Ja noch mehr, — es ergiebt sich daraus zugleich, dass in der Gegend in welcher sich jetzt die höchste Bergkette Europa's erhebt, mindestens während der Trias- und Juraperiode ein sehr tiefes Meeresbecken vorhanden war.

Demnach haben wir die alpine Trias als weit allgemeiner verbreitet, mächtiger entwickelt, und deshalb bedeutsamer anzusehen, als die im westlichen Deutschland und östlichen Frankreich. Trotzdem würde es gewiss sehr unzweckmässig gewesen sein, wenn man nun wegen dieser wichtigen Entdeckung die für Deutschland eingeführte Nomenclatur der Triasabtheilungen ganz hätte aufgeben wollen, wie das leider nach Entdeckung der russischen Permformation von einigen Geologen für Zechstein und Rothliegendes geschehen ist. Mit sehr richtigem Takt haben alle Alpengeologen sogar die allgemeine Bezeichnung Trias beibehalten. Mit vollem Recht haben sie dagegen die einzelnen Abtheilungen der Alpentrias neu benannt, da dieselben den vorher in Deutschland bekannten gar nicht gleichen; sie beanspruchen aber nicht, dass diese Namen der alpinischen Abtheilungen auf den deutschen Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, oder deren Unterabtheilungen übertragen werden, obwohl die alpinische Reihe die wichtigere und allgemeinere zu sein scheint.

Digitized by Google

Auch die Jura- und Kreidebildungen fand man in den Alpen ganz anders entwickelt als im nördlichen Europa, aber nicht so sehr viel mächtiger und auch nicht so sehr abweichend in Beziehung auf die organischen Reste.

Die untersten Tertiärbildungen, die eocänen, bestehen in den Alpen vorherrschend aus sogenanntem Flysch und aus nummulitenreichen Gesteinen, welche wiederum, wenigstens was die Nummulitenschichten betrifft, ein viel grösseres Verbreitungsgebiet zu haben scheinen als die gleich alten Ablagerungen in den Becken von Paris, London und Belgien. Man hat sie, wie die alpinische Trias, durch das ganze Karpathengebiet, durch die europäische Türkei und nach Kleinasien verfolgt; sie sind sehr verbreitet fast in allen Küstenländern des mittelländischen Meeres, in Oberägypten, in Nubien, (die Pyramiden sind vorherrschend aus Nummulitenkalk erbaut) und selbst noch auf den holländischen Inseln Ostindiens scheinen sie eine nicht unwichtige Rolle zu spielen.

Zwischen allen diesen vorherrschend marinen Ablagerungen finden sich einige räumlich sehr beschränkte Kohlenbildungen in den verschiedensten geologischen Niveaus. Zwischen dem Kohlenkalkstein der Südostalpen Anthracitlager, in den Westalpen echte Steinkohlenformation in abnormer Lagerung. Ferner zwischen Trias-Jura-Kreide- und Eocänbildungen der Ostalpen Schwarz- und Braunkohlen, aber stets von geringer Verbreitung und Mächtigkeit. Sie scheinen ihrer Natur und Lagerung nach fast nur durch Anschwemmung, nicht durch Vegetation an Ort und Stelle entstanden zu sein, und sie liegen oft sehr gestört zwischen grösstentheils marinen Schichten.

Alle diese Ablagerungen sind auf das Merkwürdigste aufgerichtet, gefaltet, zerbrochen, überstürzt und geradezu durch einander geworfen, so dass es oft sehr schwer fällt, ihre ursprüngliche Stellung zu ermitteln. Noch in keiner anderen Erdgegend hat man so gewaltige Störungen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse beobachtet, und diese enormen Störungen finden sich gerade in den Theilen des Alpengebietes am stärksten entwickelt, in welchen eruptive Gesteinsbildungen gänz-

lich fehlen. Schon im östlichen Theil des Nordabhanges sind sie staunenswerth, sie scheinen aber doch ihr Maximum erst in der Schweiz zu erreichen, wo auch die krystallinischen Schiefer daran betheiligt und zum Theil zwischen die noch deutlich sedimentären Gesteine hinein gerathen sind, und wo ferner auch die mächtigen Ablagerungen der miocänen Molasseformationen mit ihren groben Nagelfluheconglomeraten zu bedeutenden Höhen erhoben sind. Dieser Unterschied von Ost- und Westalpen mag in Verbindung stehen mit der durchschnittlich höhern Erhebung und der mannigfaltigern Oberflächengestaltung der letzteren.

Nirgends lassen sich in den Alpen diese Aufrichtungen und Ueberstürzungen in directe Beziehung mit eruptiven Gesteinen als ihren Ursachen bringen, ja gerade in dem Theil von Südtirol, wo die sedimentären Schichten bis zur Juraformation aufwärts vielfach von neueren Eruptivmassen durchsetzt sind, liegen sie weit regelmässiger und ursprünglicher über einander als da, wo solche Durchsetzungen fehlen. Diese Thatsachen lehren hier wie anderwärts deutlich, dass die häufigsten, auffallendsten und grossartigsten Störungen der ursprünglichen Lagerung keineswegs von dem Aufdringen eruptiver Gesteine herrühren, — in deren Nähe man sehr oft gar nichts derart findet — sondern vielmehr von der aufsteigenden Bewegung ganzer Erdkrustentheile ohne Auswege für die heissflüssige Innenmasse. Ihre Ursache waren allerdings ebenfalls innere vulkanische Reactionen, nicht aber vulkanische Durchbrüche. Es war nur ein Vorurtheil, wenn man dergleichen Dislocationen vorherrschend oder ausschliesslich den zum Durchbruch gelangenden Eruptivgesteinen als ihren Ursachen zuschrieb. Die Jurakette und die Weserkette bestehen aus lauter gehobenen und gefalteten Schichten, aber in beiden tritt nirgends ein eruptives Gestein zu Tage, und für kein einziges Gebirge Deutschlands lässt sich die Erhebung in eine bestimmte zeitliche oder räumliche Beziehung mit einem darin beobachteten Eruptivgestein bringen. Auch in den Alpen scheinen die Granite der Centralketten, ebenso wenig als die daneben hervortretenden

Digitized by Google

Eruptivgesteine, einen nachweisbaren Antheil an den Hanpterhebungen zu haben.

Das südliche Tirol, welches in dieser Beziehung bereits erwähnt wurde, zeichnet sich vor allen anderen Alpengegenden dadurch aus, dass eine grosse Mannigfaltigkeit von eruptiven Gesteinen die hier vorhandene Schichtenreihe ganz oder theilweise durchsetzt hat. Wir finden da besonders in den Umgebungen von Predazzo verschiedenartige Granite, Porphyre, Syenite und sogenannte Melaphyre, welche selbst noch Schichten der Juraformation deutlich durchbrochen und an den Grenzen oft sehr bemerkbar verändert, aber fast gar nicht aufgerichtet haben. Für Granit und Syenit, die man allgemein zu den ältesten Gesteinsbildungen zu rechnen pflegte, ist das lange bezweifelt worden, die Thatsache ist aber jetzt unleugbar festgestellt, und dadurch gewinnen auch die minder scharf beobachteten Erscheinungen ähnlicher Art im Berner Oberland bedeutend an Wahrscheinlichkeit. Noch mehr: die basaltähnlichen Melaphyre und Augitporphyre Südtirols sind zum Theil älter als gewisse Granite und Syenite; auch das wurde nicht erwartet, und beweist zugleich, dass man das geologische Alter irgend eines eruptiven Gesteins, ebenso wenig als das eines sedimentären, aus seiner Beschaffenheit an sich erkennen kann. In der Regel ist freilich die Beschaffenheit aller Gesteine etwas verschieden je nach ihrem Alter, aber eine sichere Bestimmung des letzteren ist nur möglich durch deutliche Lagerungsverhältnisse oder durch Versteinerungen.

Die Angit- oder Hornblende-reichen Eruptivgesteine des Fassathales in Südtirol sind zum Theil mit marinen Tuffbildungen verbunden, welche parallel zwischen den Schichten der Triasperiode inneliegen, woraus mit gutem Grund auf ihre submarine Entstehung während dieser Periode geschlossen werden darf. Dieselbe Gegend enthält mächtige, zum Theil sehr isolirte Dolomitfelsen von 2000 bis 3000 Fuss Höhe, welche Freiherr v. Richthofen für die Reste grosser Koralleninseln hält, wie ich das in meinen „Geologischen Fragen". bereits 1858, S. 232 angedeutet habe. Bestätigt sich diese Ansicht,

Digitized by Google

so liefert sie einen neuen sehr wichtigen Beitrag zu den besonderen Erscheinungen im Gebiet der sedimentären Ablagerungen.

Bekanntlich versuchte Elie de Beaumont, die Entstehung der Gebirgsketten durch plötzliche Erhebung nach den bestimmten Richtungen grösster Kreise in ganz bestimmten Perioden zu erklären. Gegen diese Hypothese, welche allerdings wohl nnr noch in Frankreich Anhänger zählt, spricht der Bau der mächtigen Alpenkette in jeder Beziehung. Weder die Richtung noch die Zeit der Erhebnng ist in ihr eine übereinstimmende. Sie beschreibt, gänzlich von der geraden Linie abweichend, nicht nur im Allgemeinen einen grossen Bogen, sondern sie ist auch im Einzelnen so wechselnd, dass sie sich durchaus nicht auf eine bestimmte gerade Linie zurückführen lässt; die Erhebungszeit aber vertheilt sich auf eine unermesslich grosse Periode zwischen der Jura- und dem Ende der Tertiär-Zeit, in welcher zahllose Einzelerhebungen stattgefunden haben müssen, deren Gesammtresultat jetzt vorliegt.

Die Umwandlung der sedimentären Gesteine in krystallinische Schiefer reicht in den Alpen bis zu weit höheren Schichten herauf als gewöhnlich, stellenweise wie es scheint, bis zu denen der Juraformation, was vermuthlich eine Folge derselben Ursachen ist, wodurch auch die übrigen Sedimentärgesteine der Alpen nngewöhnlich stark verändert wurden. Diese Umwandlung steht aber nirgends in nachweisbarer Beziehung zu den grossen eruptiven Massen.

Endlich haben uns die Alpen auch noch ganz vorzugsweise reichen Aufschluss über die Entstehung und die Wirkungen der Gletscher geliefert.

Also nach sehr vielen Richtnngen hat die genaue Durchforschnng dieses merkwürdigen Gebietes neue Anschauungen angeregt und begründet, nnd dieser Vorgang ist noch immer im steten Fortschreiten begriffen, denn keineswegs sind schon alle Räthsel gelöst, welche diese Bergkette der Geologie darbietet.

Es waren ganz vorzugsweise die Arbeiten der Geologischen Reichsanstalt zu Wien, Gümbel's in München, Escher's v. d. Linth, Stnder's, Theohald's und Desor's in der Schweiz,

Digitized by Google

durch welche der innere Bau der Alpen aufgeklärt wurde. Dazu ist aber neuerlich noch O. Heer's Urwelt der Schweiz gekommen, ein Werk welches in jeder Beziehung grosse Beachtung verdient. In ihm ist die Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens, ihr Zusammenhang mit klimatischen Aenderungen und mit Hebungen oder Senkungen des Bodens so eingehend geschildert, als das reichhaltige Material nur irgend erlaubte. Ich werde auf den botanisch-zoologischen Theil bei anderer Gelegenheit zurückkommen, hier möge nur das Resultat der Untersuchungen über allgemeine oder locale Hebungen und Senkungen des Bodens im Gebiete der Schweiz noch Platz finden, welches Heer in nachstehendem Schema sehr übersichtlich vorlegt.

Hebung des Landes.	Senkung.
	1. Vom Schluss der Steinkohlenperiode an.
1. Vom Trias bis Unterlias.	
	2. Vom Lias bis zum braunen Jura.
2. Vom weissen Jura bis zum Schluss des Wealden.	
	3. Vom Valengien bis in die mittlere Kreide.
3. Von der oberen Kreide bis in die aquitanische Stufe des Miocän.	
Partielle Hebung längs der Alpen, am Schluss der eocänen Zeit.	Zur tongerischen Zeit in der nordwestlichen Schweiz.
	4. Von der grauen Molasse bis in die helvetische Stufe.
4. Von der helvetischen bis zum Abschluss der Oeninger Stufe.	
5. Hebung der Alpen und des Jura zur pliocänen Zeit.	

Digitized by Google

Die sorgfältige Untersuchung der Gletscherphänomene im Alpengebiet ergab als Hauptresultate, dass die Fortbewegung der Gletscher wesentlich einem sehr langsamen Fliessen gleiche, und dass ihre Eismassen einst die ganze niedere Schweiz bis zu den Abhängen des Jura bedeckt haben.

Diese Hauptresultate wurden aber nicht ohne manchen Wechsel der Ansichten erlangt.

Bereits 1705 hielt Scheuchzer die Umwandlung von Wasser in Eis in Spalten für die wesentliche Ursache der Bewegung der Gletscher. Charpentier und Agassiz bildeten diese Ansicht in den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts weiter aus, indem sie ein nächtliches Gefrieren des Wassers in allen Haarspalten annahmen. Das ist später widerlegt worden.

Altmann und Gruner erklärten schon 1760 die Bewegung der Gletscher durch Gleiten oder Rutschen auf dem geneigten Thalboden. Diese Ansicht wurde 1799 durch Saussure weiter ausgeführt, und blieb die herrschende, bis Venetz und v. Charpentier sie ungenügend fanden.

Rendu, Bischof von Annecy, war der Erste welcher bereits 1841 die Bewegung des Gletschereises durch ein langsames Fliessen erklärte. Das wurde kaum beachtet, bis Forbes dieselbe Ansicht aufstellte, aber, wie Tyndall gezeigt hat, falsch begründete. Die sorgfältigsten und scharfsinnigsten Untersuchungen und Aufschlüsse über die gesammte Natur der Gletscher verdanken wir überhaupt diesem Letzteren, in seinem Werk: *the glaciers of the Alps* 1860. Erst dadurch ward die Art des Fliessens der Gletscher erklärbar.

Die grosse Verbreitung der Gletscher in den Alpen während einer sehr neuen geologischen Periode und deren Wechselbeziehungen zu der belebten und unbelebten Natur, finden sich am übersichtlichsten dargestellt in Heer's Urwelt der Schweiz.

Digitized by Google

V.

DIE BESONDEREN LAGERSTÄTTEN.

Kohlen und Steinsalz.

Ausser den Gesteinen welche wesentlich die feste Erdkruste bilden, enthält dieselbe auch noch sogenannte besondere Lagerstätten von abweichender Zusammensetzung und geringerem Volumen. Viele derselben sind zugleich Gegenstand technischer Verwerthung geworden, und diese sind in Folge davon auch vorzugsweise gut bekannt, — so namentlich Kohlen, Steinsalz und Erze.

Die Kohlen und das Steinsalz gehören entschieden zu der Klasse der sedimentären Ablagerungen, d. h. sie liegen nicht nur zwischen gewöhnlichen sedimentären Gesteinen, sondern sie sind auch in denselben Perioden, welchen die sie einschliessenden Gesteine angehören, durch Ablagerung entstanden.

Ihr Ursprung ist nur insofern verschieden von dem der meisten übrigen Sedimentärgesteine, als ein Theil ihrer Elemente wahrscheinlich aus der Atmosphäre abstammt. Für die Kohlen ist das sicher, für das Steinsalz wahrscheinlich. Der Kohlenstoff der Kohlenlager ist erst durch den Vegetationsprozess aus der Luft aufgenommen und fixirt worden. Alle Kohlenlager bestehen aus vegetabilischen Anhäufungen irgend einer früheren localen Vegetationsperiode; ihr gegenwärtiger

Google

Zustand ist ein durch langsame Umwandlung hervorgebrachter. Aus Torf oder aus anderen Pflanzenanhäufungen sind Braunkohlen geworden, aus diesen Schwarzkohlen, dann Anthracit und endlich Graphit.

So unzweifelhaft der vegetabilische Ursprung aller eigentlichen Kohlenlager ist, so lässt sich doch keineswegs eine gleichartige Entstehung aller Kohlen überhaupt voraussetzen. Es mögen auch Kohlen durch animalische Reste gebildet worden sein. Sonderbarer Weise sind neuerlich einige Dilettanten auf dem Gebiete der Geologie aufgetreten, welche die Welt auf ihre besondere Weise über die Entstehung der Kohlenlager zu belehren versuchten. Der Eine führte alle Kohlen auf die Anhäufung von Meerespflanzen, der Andere auf zusammengeschwemmte Pflanzentheile, und ein Dritter alle auf Torf- oder Sumpfbildungen zurück, während doch diese drei Möglichkeiten, die man für neue Entdeckungen auszugeben versuchte, von den Geologen längst anerkannt, und für einzelne Fälle sehr bestimmt nachgewiesen sind. Solchen Vorgängen entsprechen vollständig die einschliessenden Gesteine, welche am häufigsten thoniger und sandiger Natur sind, nur ausnahmsweise kalkhaltig und erkennbar echt marinen Ursprungs.

Nächst den Kohlenlagern haben in neuester Zeit auch die Kohlenwasserstoffverbindungen eine grosse Bedeutung gewonnen, welche als Bitumen oder insbesondere als Erdöl (Petroleum, Naphtha), Erdwachs und Erdpech (Asphalt) auftreten. Man kann aber kaum sagen, dass sie besondere Lagerstätten in der Erdkruste bilden. Im Falle das Bitumen innig an bestimmte Gesteine gefesselt ist, wie an Stinkstein oder Oelschiefer, aus denen es erst durch künstliche Operationen zu gewinnen ist, lassen sich diese Gesteine allerdings als besondere Lagerstätten bezeichnen; wenn es aber als flüssiges Erdöl alle Fugen und Porositäten verschiedenartiger Gesteine durchsickert, und aus diesen ohne Weiteres gewinnbar wird, dann kann von bestimmten Lagerstätten desselben nicht die Rede sein. Es gehört dasselbe bei dieser Art des Vorkommens nicht einmal local einer bestimmten Formation an, und wird in der

Regel erst in einer gewissen Entfernung von seinem Ursprung für den Menschen nutzbar, indem es irgend einem Gesteine entrinnt, in welches es erst nach seiner Entstehung gelangte.

Die gegen 40 Meilen lange und 2 bis 3 Meilen breite Erdölzone Galiziens, dehnt sich, wie ich kürzlich in der Oesterreichischen Revue ausführlich nachgewiesen habe, über drei Formationen ungleichen Alters aus. Das Erdöl tritt aus den Schichten des der Kreideperiode angehörigen Karpathensandsteins, aus eocänen und aus miocänen Ablagerungen hervor, während sein, jedenfalls gemeinsamer Ursprung, vielleicht noch tiefer liegt als im Karpathensandstein. In Canada entquillt es theils silurischen theils devonischen Schichten; in Pennsylvanien wahrscheinlich nur devonischen; in Virginien, Ohio und Kentucky mehreren ungleichen Abtheilungen und Gesteinen der sehr mächtigen Steinkohlenformation. Am Severn in Shropshire fliesst es aus einem Sandstein der Kohlenformation; eine schwache Quelle unweit Hannover liegt im Triasgebiet; im Juragebirge kennt man es in der Juraformation. Am Monte Gibbo bei Sassuolo in Oberitalien kommt es in denselben tertiären Schichten vor, aus denen dort die Salsen und brennbaren Gasquellen entspringen. Mehrfach sind selbst eruptive Gesteine von Bitumen durchdrungen, so z. B. bei Parad in Ungarn.

In keinem Falle gehört sonach das Erdöl irgend einer bestimmten Formation oder irgend einem Gestein ausschliesslich an, und wo es sich findet, da scheint sein Ursprung gewöhnlich in anderen Schichten zu liegen, als in denen aus welchen es hervortritt.

Der ganze Vorgang seiner Entstehung aus organischen, meist wohl vegetabilischen Resten, lässt sich einem grossartigen Destillationsprocess vergleichen, bei welchem untere Schichten die Retorte, obere die Vorlage vertreten, die Erdwärme aber die Rolle des Ofens übernimmt. Es entweichen zunächst gasförmige Kohlenwasserstoffverbindungen; diese werden in oberen kälteren Regionen zu Oel (Naphtha), und dann durch Oxydation zu Pech (Asphalt), oder, unter besonderen Umständen durch Verlust eines Theiles Wasserstoff, zu Erdwachs (Ozokerit).

Für das Steinsalz ist es wenigstens wahrscheinlich, dass das Chlor anfangs der Atmosphäre angehörte, und aus dieser erst in die Verbindung mit Natron eintrat. Die Mehrzahl der neueren Steinsalzablagerungen leitet aber ihren Ursprung entschieden aus der Auflösung älterer ab. Die Lösung gelangt durch die Flüsse allmälig ins Meer, und das Salz wird unter besonderen Umständen aus diesem abgelagert. Es findet sich dann in der Regel zusammen mit Gyps oder Anhydrit.

Sowohl Kohlen- als Steinsalzablagerungen sind in allen geologischen Perioden gebildet worden, in welchen überhaupt noch als solche erkennbare sedimentäre Gesteine entstanden. Local, d. h. in einzelnen Erdgegenden, finden sie sich vorzugsweise in den Ablagerungen bestimmter Perioden, fasst man aber die gesammte Erdoberfläche ins Auge, so zeigen sich Kohlen und Steinsalz von den ältesten bis in die neuesten Formationen.

Die nachstehende tabellarische Zusammenstellung zeigt ungefähr das geologische Alter der bekanntesten Kohlenablagerungen und die noch vorhandenen Lücken:

Perioden.	Bekannte Kohlenformationen.
Recent.	Torflager u. dergl.
Diluvial.	Schieferkohlen in der Schweiz.
Miocän.	Obere Braunkohlen in Böhmen.
Miocän (oligocän).	Molasse-Kohlen, Untere Braunkohlen in Böhmen, Braunkohlen Norddeutschlands.
Eocän.	Braunkohlen von Häring u. s. w. in den Alpen.
Kreide-Periode	Einige Alpenkohlen, Steinkohlen von Ruszkberg im Banat.
(Deister).	Kohlenlager in den Weserketten.
Jura-Periode.	Kohlenlager von Bornholm und von Cutch in Ostindien. Kohlenlager in Yorkshire, in Virginien und Nord-Carolina. Steinkohlen von Fünfkirchen in Ungarn und Steierdorf im Banat. Einige Alpenkohlen.

Perioden.	Bekannte Kohlenformationen.
Trias-Periode.	Lettenkohle in Westdeutschland. Einige Alpenkohlen. Sehr ausgedehnte Steinkohlen- und Anthracitgebiete in China.
Dyas-Periode.	Steinkohlen im Rothliegenden.
Kohlen-Periode	Steinkohlenformation in Mitteleuropa.
(Kulmformat.)	Steinkohlen von Hainichen in Sachsen. Steinkohlen am Westabhang des Ural in zwei Etagen. Steinkohlen und Anthracit im Gebiet von Tula und Kaluga in Südrussland.
Devon-Periode.	Anthracit in Neu-Braunschweig.
Silur-Periode.	Anthracit in Schottland.
Cambrische Per.	
Eozoische Per.	Graphit?
Erste Abl.-Per.	Graphit in krystallinischen Schiefern.

Das triasische oder jurassische Alter der grossen Steinkohlengebiete in China wurde erst ganz neuerlich durch Pumpelly, einen Schüler Freibergs, und Newberry im American journ. March 1866 und in geol. research. in China and Japan, 1866 nachgewiesen, während von Helmersen 1865 und 1866 in den Mélanges physiques et chemiques t. VI u. VII das Alter der südrussischen Kohlenlager bestimmte.

Es verhält sich ganz ähnlich mit dem Steinsalz, von dem man, durch locale Beobachtungen getäuscht, eine Zeit lang glaubte, es sei auf bestimmte Bildungsperioden beschränkt. Gegenwärtig kennt man es schon in folgenden Niveaus:

Perioden.	Bekannte Steinsalzbildungen.
Recent.	Salzkrusten am Meeresufer.
Diluvial.	
Pliocän.	
Miocän (oligocän).	Galizien und Siebenbürgen.

Perioden.	Bekannte Steinsalzbildungen.
Eocän.	
Kreide-Periode.	Cardonna in Spanien? Algier?
Jura-Periode.	
Trias-Periode.	Braunschweig. Schwaben und Thüringen. Stassfurt. Alpen.
Dyas-Periode.	Artern, Köstritz u. s. w. Untere Permformation in Russland.
Kohlen-Periode.	
Devon-Periode.	
Silur-Periode.	New-York.
Cambr. Periode.	
Eozoische Per.	
Erste Abl.-Per.	

Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Steinsalz aus den älteren Ablagerungen, und ebenso aus den zufällig lange unbedeckt gebliebenen neueren, wahrscheinlich sehr oft wieder ausgewaschen worden ist.

Erzlagerstätten.

Die Erzlagerstätten sind nicht nur nach der Form ihres Auftretens, sondern auch nach ihrer mineralischen Zusammensetzung weit mannigfaltiger als die Kohlen- und Steinsalzablagerungen, und sie weichen überdies z. Th. fast noch mehr von den gewöhnlichen Gesteinsbildungen ab, als jene. Mit sehr beschränkten Ausnahmen haben wir sie alle als chemische Niederschläge aus wässerigen Solutionen anzusehen, und zwar erfolgte die Mehrzahl dieser Niederschläge im Innern der Erde, dergestalt, dass man sie füglich als hydroplutonische Bildungen bezeichnen kann. Die besonderen Umstände unter welchen ihre Ablagerung stattfand, können dabei unter einander sehr verschieden sein.

Digitized by Google

Nach ihrer Form und Beziehung zum einschliessenden Gesteine lassen sich alle Erzlagerstätten in **Lager**, **Gänge**, **Stöcke** und **Imprägnationen** eintheilen, aber nicht immer lassen sich diese Abtheilungen leicht und scharf von einander unterscheiden; in einzelnen Fällen mag es sogar zweifelhaft bleiben, zu welcher dieser Formen man gewisse Erzlagerstätten rechnen soll. Es sind diese Formenunterschiede zwar sehr allgemein bekannt, da sie aber selbst von praktischen Bergleuten zuweilen nach allzu schwankenden Principien von einander unterschieden werden, so halte ich es für gut, dieselben hier so kurz und scharf als möglich zu bestimmen.

Die hier folgende ideale Skizze (Fig. 3) mag den weiteren Erläuterungen zur anschaulichen Grundlage dienen.

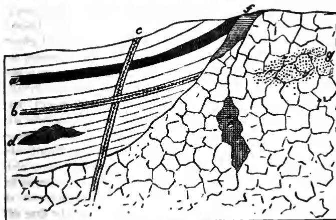


Fig. 3. Erzlagerstätten.

a) Ein Lager. *b)* Ein Lagergang. *c)* Ein gewöhnlicher Gang. *d)* Ein liegender Stock (Lagerstock). *e)* Ein stehender Stock (Gangstock). *f)* Ein Contactstock (hier könnte sich auch ein Contactgang befinden). *g)* Eine Imprägnation.

Erzlager *(a)* sind im Grunde nichts Anderes als Schichten von besonderer metallhaltiger Zusammensetzung; sie sind in derselben Periode mit den sie einschliessenden Schichten entstanden, und im Wesentlichen auch auf dieselbe Art. Eisenerze findet man ziemlich häufig in dieser Form, andere Erze bilden aber eigentlich nur ausnahmsweise wirkliche Lager, wenn sie

Digitized by Google

auch öfters in lagerartiger Gestalt auftreten. Zu diesen Ausnahmen gehört z. B. der Kupferschiefer.

Die Gestalt allein entscheidet nicht darüber, was ein Lager sei. Unter einem wahren Lager versteht man eine gleichzeitig und auf ähnliche Weise wie Liegendes und Hangendes (Boden und Decke) gebildete Schicht. Ist dagegen eine der Schichtung parallele Spalte später ausgefüllt worden, so ist das ein lagerähnlicher oder sogenannter Lagergang *(b)*, nicht ein wirkliches Lager, und sind in irgend eine Gesteinsschicht, nachdem sie als solche fertig war, später erst Erze eingedrungen, so ist das ebenfalls kein wahres Lager, sondern vielmehr eine lagerförmige Imprägnation. Die Unterscheidung dieser ihrer Entstehungsweise nach ungleichen, der Form nach aber sehr ähnlichen Vorkommnisse, ist nicht immer ganz leicht, und doch ist sie nicht nur von theoretischer sondern auch von praktischer Wichtigkeit, da man von wirklichen Lagern ein viel gleichmässigeres Fortsetzen im Streichen und Fallen zu erwarten hat, als von Lagergängen oder von lagerförmigen Imprägnationen.

Gänge sind Spaltenausfüllungen. Diese Definition gründet sich auf die erkannte Bildungsweise, oder besser gesagt, man nennt mit Recht nur solche Lagerstätten Gänge, welche sich als Spaltenausfüllungen darstellen. Gänge überhaupt können aus irgend einem beliebigen Gestein, z. B. aus Basalt oder Granit, bestehen. Bilden aber die Spaltungsausfüllungen nicht ein bestimmtes Gestein, bestehen sie vielmehr aus einem unregelmässigen Aggregat von Mineralien, so nennen wir sie Mineralgänge, und wenn in diesen beachtenswerthe Erze auftreten: Erzgänge. Ein solcher Gang kann jedes Gestein nach irgend einer beliebigen Richtung durchsetzen, durchschneidet er es aber parallel der Schichtung, so ist es ein Lagergang, und tritt er auf der Grenze zweier Gesteine auf, ein Contactgang. Man hat auch noch Lenticulargänge unterschieden, die aber wohl in den meisten Fällen nur aus localen Spaltenerweiterungen bestehen dürften, während die Spalte selbst als blosse Kluft, auch noch über die Grenze des ausgefüllten linsenförmigen Raumes hinaus fortsetzt. Recht passend dürfte es sein,

auch noch einfache und zusammengesetzte Gänge (oder Gangzüge) zu unterscheiden. Die ersteren bestehen aus ziemlich einfachen Spaltenausfüllungen, wie bei Freiberg, die letzteren aus einer Vielzahl verbundener Spalten in derselben Hauptzone und Richtung wie die Clausthaler und Schemnitzer Gänge.

Stock ist die übliche Bezeichnung für ganz unregelmässig gestaltete Lagerstätten, die weder Gänge noch Lager sind, die aber doch einen bestimmt umgrenzten Raum ausfüllen. Ein Erzstock muss sich natürlich auch durch seinen Metallgehalt vom einschliessenden Gestein unterscheiden. Wir trennen nach ihrem Verhalten zum Nebengestein stehende Stöcke (oder Gangstöcke) und liegende Stöcke (oder Lagerstöcke). Stehende Stöcke sind diejenigen, deren Hauptausdehnung vom einschliessenden Gestein ganz unabhängig ist, während liegende Stöcke in der Richtung der einschliessenden Schichten am meisten ausgedehnt sind.

Das Wesen der Erz-Imprägnationen endlich besteht darin, dass irgend ein Gestein local von Erzen durchdrungen oder durchzogen ist. Eine solche Lagerstätte hat natürlich keine scharfen Grenzen, sie nimmt überhaupt nicht einen selbstständigen Raum ein, da das herrschende Gestein durch ihre ganze Ausdehnung auch noch vorhanden, und eben nur mit Erzen imprägnirt ist. Die Form solcher Imprägnationen kann überhaupt sehr verschieden sein; sie können z. B. bestimmte Schichten einnehmen und dann Lagern gleichen, sie können gangähnlich sich zu beiden Seiten von Spalten ausdehnen, oder sie können auch stockförmig ganz unregelmässige Räume erfullen. Sehr oft sind sie nicht selbstständig, sondern nur Accessorien neben anderen Lagerstätten, deren Aussenform sie dann mehr oder weniger umhüllen.

Das sind die formalen Verschiedenheiten der Erzlagerstätten, wie ich sie in meiner „Lehre von den Erzlagerstätten“ zuerst festzustellen versucht habe, und wie sie sich wenigstens theoretisch recht wohl nach bestimmten Principien von einander unterscheiden lassen, wenn das auch in der Anwendung auf concrete Fälle zuweilen schwer wird. Aber noch weit schwieriger

Digitized by Google

ist es, die Erzlagerstätten nach ihrer Zusammensetzung in bestimmte Abtheilungen zu bringen. Ihre Mannigfaltigkeit ist in dieser Beziehung fast unendlich gross, die Zahl und Art der als Bestandtheile auftretenden Mineralien variirt fast in jedem einzelnen Falle, und es ist oft sogar schwierig zu entscheiden, welche derselben man als besonders charakteristisch anzusehen hat. Die praktischen Bergleute pflegen sich dadurch zu helfen, dass sie ihre Lagerstätten nach dem daraus vorherrschend gewonnenen Metalle benennen, und so z. B. Gold-, Silber-, Blei-, Kupfer-, Zinn-, Eisenerzlagerstätten etc. unterscheiden. Aber das gewonnene Metall spielt, wenn es werthvoll ist, oft nur eine räumlich ganz untergeordnete Rolle, so z. B. bei den meisten Gold- und Silbererzlagerstätten, und sehr häufig werden auch zwei oder mehrere verschiedene Metalle aus derselben Lagerstätte gewonnen, so dass man dann nothwendig zweifelhaft werden muss, nach welchem derselben man die Benennung wählen soll.

Einigermaassen scharfe Abtheilungen sind nach der Zusammensetzung der Erzlagerstätten überhaupt ganz unmöglich, um so mehr da gleiche Mineralien und Erze oft in sehr ungleichen Lagerstättenformen auftreten, und umgekehrt ganz ungleiche in gleichen Formen. Nach dem allgemeinen Habitus lassen sich indessen einige charakteristische Mineralcombinationen und Arten des Vorkommens feststellen, an die sich dann andere minder charakteristische anreihen, welche wieder Uebergänge zu anderen natürlichen Gruppen oder Typen bilden.

Ich werde im Nachstehenden versuchen, einige solche natürliche Gruppen von Erzlagerstätten durch Beispiele darzustellen. Da es mich aber zu weit führen würde, wenn ich sie alle eingehend schildern wollte, so werde ich statt dessen oft auf die betreffenden Beschreibungen verweisen. Ich beginne mit den im Erzgebirge seit lange gut bekannten sogenannten Erz- oder Gangformationen.

1. Zinnerzformation. Die zinnerzhaltigen Lagerstätten bilden im Erzgebirge theils Gänge, theils Imprägnationen in granitischen oder auch porphyrartigen Gesteinen, in Gneiss

oder in Glimmerschiefer. Die besonderen Mineralverbindungen treten in den Gängen am deutlichsten hervor. Quarz ist unstreitig das häufigste darunter; dieser ist aber überhaupt so häufig, dass er nicht als charakteristisch für irgend ein besonderes Vorkommen angesehen werden kann. Sehr bezeichnende Begleiter des Zinnerzes sind dagegen Wolfram und seine Zersetzungsproducte, sowie einige Bor- und Fluor-haltige Mineralien, wie Turmalin und Topas. Oft sind damit ferner verbunden: Beryll, arsenhaltige Kiese, Molybdänglanz, Lithionglimmer und eine besondere Feldspathspecies, welche Breithaupt *Felsites paradoxites* genannt hat. Wenn ausserdem in den zinnerzhaltigen Lagerstätten auch noch Kalkspäthe, Flussspath, Bleiglanz, Blende u. s. w. vorkommen, so sind diese nicht als charakteristische Begleiter, nnd z. Th. sogar als entschieden spätere Bildungen anzusehen, wie denn überhaupt in sehr vielen Erzlagerstätten oft die Producte ungleicher Zeiten eng mit einander verbunden sind. Die Ausfüllung der Drusenräume durch über einander gelagerte Krystallisationen repräsentirt oft für sich allein einen sehr langen Zeitraum, gegen dessen Ende hin die Bedingungen für die Bildung und Gruppirung besonderer Mineralien ganz andere waren als anfangs. Bei einer wissenschaftlichen Beurtheilung müssen natürlich solche, entschieden spätere Bildungen möglichst von den ursprünglich zusammengehörigen getrennt werden.

An den einzelnen Orten des Erzgebirges an welchen man Zinnerzlagerstätten kennt, ist wie bemerkt, die Form ihres Vorkommens verschieden, nur der mineralogische Charakter und die geologische Stellung sind überall dieselben.

Bei Graupen durchsetzen, von Imprägnationen begleitete schwache Gänge den Gneiss, welche vorherrschend aus Quarz und Glimmer bestehen, stellenweise aber auch viel derbes oder schön auskrystallisirtes Zinnerz enthalten. Etwas westlich vom Mückenthürmchen oberhalb Graupen ist durch Tagebaue eine merkwürdige Breccie aufgeschlossen, in welcher Gneiss, Quarzporphyr und sogenannter Syenitporphyr gewaltsam in einander geknetet erscheinen, und diese Breccie enthält unregelmässig

zerstreute kleine Nester und gut ausgebildete Drusen von Zinnerz. (Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1864 Nr. 14 u. Jahrb. d. Geol. Reichsanst. Bd. 14, S. 5.)

Bei Zinnwald wird die Masse des Greisen, dieses für viele Zinnerzgebiete sehr charakteristischen Gesteins, von mächtigen flachen, und von jüngeren geringmächtigen, senkrechten Zinnerzgängen durchsetzt, die beide von Imprägnationen begleitet sind. Die ersteren bestehen, symmetrisch geordnet, aus Lithionglimmer und Quarz, zuweilen in der Mitte aus rothem Paradoxit; dazwischen treten Wolfram und Zinnerz nebst einigen anderen Mineralien auf.

Bei Altenberg ist ein feinkörniger Granit local in ein dunkles zinnerzhaltiges Gestein umgewandelt, in welchem man keinen Bestandtheil mehr deutlich erkennt. Ich habe bereits 1859 (Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1860 S. 1) nachgewiesen, dass das Altenberger Zwittergestein nichts Anderes sei als ein von unzähligen Klüften aus umgewandelter, und mit Zinnerz imprägnirter Granit. Auf meine Anregung ausgeführte, genaue chemische Untersuchungen durch Herrn Dr. Rube haben das später vollständig bestätigt, und es knüpft sich daran zugleich die Frage, ob nicht auch der Greisen eigentlich nur ein bei der Zinnerzgangbildung umgewandelter Granit sein möge, was allerdings schwieriger nachweisbar ist. (H. Müller, Berg- und Hüttenm. Zeit. 1865, S. 178.)

Bei Seifen hat man früher Zinnerzgänge im Gneiss abgebaut, die zugleich kupfererzhaltig waren. Bei Marienberg liegen die Zinnerzgänge, von Imprägnationen begleitet, im Gneiss, bei Ehrenfriedersdorf mit viel Arsenkies im Glimmerschiefer.

Das sogenannte Stockwerk von Geyer besteht aus einer Granitmasse im Glimmerschiefer, die von zahlreichen parallelen Zinnerzgängen durchsetzt ist, von denen aus die Erze und andere Mineralien auch in die Absonderungsklüfte des Granites eingedrungen sind; es setzen zwar dieselben Gänge auch noch in dem umgebenden Glimmerschiefer fort, aber in diesem, wie es scheint, mit geringerem Erzgehalt. A. Stelzner hat das im

Digitized by Google

ersten Heft der Beiträge zur geogn. Kenntniss des Erzgebirges (Freiberg 1865) sehr gründlich entwickelt.

Bei Eibenstock, Johanngeorgenstadt und Platten sind es wieder echte Gänge, welche das Zinnerz enthalten; sie durchschneiden den Granit und den Glimmerschiefer, in letzterem scheinen sie aber vorzugsweise nur in der Nähe des Granites zinnerzhaltig zu sein; die Ausfüllung der schwächeren besteht nur aus Letten und Quarz mit etwas Chlorit oder Schörl, die der mächtigeren aus granitähnlichen Gemengen. Das Zinnerz ist in ihnen fein vertheilt, oder auch nur als Imprägnation im Nebengestein enthalten, welches dann oft eine dem Altenberger Zwitter ähnliche Beschaffenheit angenommen hat. Hier tritt zugleich Schörlschiefer auf, und auch dieser ist von schwachen Zinnerzimprägnationen durchdrungen, wie denn auch der Topasfels vom Schneckenstein im Voigtlande mit der Zinnerzbildung dieser Gegend in einer gewissen Beziehung zu stehen scheint. Bei Breitenbrunn enthält ein grünsteinartiger Lagergang im Glimmerschiefer neben sehr vielerlei Mineralien und Erzen auch etwas Zinnerz, und Spuren des letzteren hat man selbst in Freiberger Silbererzgängen gefunden.

Etwas abseits vom Erzgebirge liegt dann noch das Zinnerzvorkommen von Schlaggenwalde in Böhmen mit denselben charakteristischen Mineralvorkommnissen in Gängen und Imprägnationen im Gebiet des Gneisses und Granites, welcher letztere den ersteren durchsetzt. (Erzlagerstätten II, S. 199 und Rücker, Jahrb. d. Geol. Reichsanst. Bd. 14, S. 8.)

Aus dem Allen geht hervor, dass in dieser Gegend Deutschlands eine breite Zone der alten plutonischen und metamorphischen Gesteine auf verschiedene Weise von zinnhaltigen Solutionen durchdrungen worden ist, die darin Mineralablagerungen und Umbildungen hervorbrachten.

Ausserhalb dieser Region finden sich in Deutschland nur noch Zinnerze am Nordabhange des Riesengebirges, wo sie bei Querbach und Voigtsdorf sparsam als Imprägnation in einer Zone des Glimmerschiefers auftreten, die in Gneiss eingelagert ist. Hier scheinen übrigens die am meisten charakteristischen

Begleiter beinahe zu fehlen; dafür treten Kiese, Eisenglanz, Bleiglanz, Blende und Kobalterze in derselben lagerförmigen Imprägnation auf. (Erzlagerstätten II, S. 223.)

Der Form nach ist dem Vorkommen von Querbach das von Pittkaranda in Finnland einigermaassen ähnlich; es ist eine Imprägnationszone im Hornblendeschiefer zwischen Granit; der charakteristische Wolfram und der Molybdänglanz fehlen nicht, es treten aber ausserdem besonders Kupfererze, Schwefelkies, Magnetkies, Magneteisen, Bleiglanz, Blende, Granat, Strahlstein, Malakolith u. s. w. auf. (Erzlagerstätten II, S. 507.)

In dem breiten Osten Europa's ist dieses das einzige bekannte Zinnerzvorkommen; selbst im Ural und in dem granitreichen Skandinavien ist keines weiter bekannt.

Wir kennen überhaupt auf dem europäischen Continent bauwürdige Zinnerzlagerstätten nur noch in der Bretagne, in der Haute Vienne, im Westen Spaniens und in Portugal.

Bei Ploërmel, Villeder, Piriac, Questembert und im Ouste-Thal sind es quarzige Gänge im Granit, mit Turmalin, Beryll, Topas und Arsenkies, doch kommen in derselben Gegend auch Imprägnationen im Hornblendeschiefer mit Granat und Epidot vor.

Bei Vaury und Puy les Vignes (Haute-Vienne) sind es Gänge im Granit und Greisen, mit Wolfram, Arsenkies, Molybdänglanz und Kupferkies.

Bei Penouta und Romilio, Verin Monterry und im Montes- und Avion-Gebirge sind es Gänge und Nester im Granit- und Hornblende-haltigen Glimmerschiefer, welche z. Th. auch Wolfram und Beryll enthalten. (Erzlagerstätten II, S. 425 und 457.)

In Cornwallis, dem Zinngebiet Englands, unterscheidet man regelmässige Gänge, die Granit, Killas (Thonschiefer) und Elvans (Porphyrgänge) durchsetzen, unregelmässige Netzgänge im Granit, und Imprägnationen im Granit und Hornblendeschiefer. Unter den begleitenden Mineralien fehlt auch hier wieder der Wolfram nicht, doch sind oft jüngere Kupfererze damit verbunden. (Erzlagerstätten II, S. 458.)

Digitized by Google

In den meisten dieser europäischen Zinnerzgebiete hat man auch Zinnseifenlager bearbeitet, die aber für sich allein keinen genügenden Aufschluss über die Natur der ursprünglichen Lagerstätten gewähren würden. Dieser Fall tritt für den grösseren Theil der Zinnerzgruben auf den Inseln Banka, Billiton, Karimon und auf Malacca ein, die ausserhalb Europa die einzigen bis jetzt beachtenswerthen Zinnfundstätten zu enthalten scheinen, obwohl auch in Amerika an ein paar Orten Zinnerze bekannt sind. Aus den Mineralkörnern, die auf jenen Inseln mit dem Waschzinn zusammen vorkommen, und aus den Gesteinen, die in den benachbarten Bergen — nach de Groote's Berichten und Sendungen — zu Tage treten (Granit, Greisen, Gneiss u. s. w.), ergiebt sich aber wiederum eine grosse allgemeine Uebereinstimmung mit den europäischen Zinnerzvorkommnissen als sehr wahrscheinlich. Nur von Billiton kenne ich Stücke eines Zinnerzganges im Thonglimmerschiefer, welcher am Ausgehenden vorherrschend aus Quarz und Brauneisenerz besteht, und worin ich die das Zinnerz sonst gewöhnlich begleitenden, charakteristischen Mineralien nicht auffinden konnte.

Im Allgemeinen ist sowohl die mineralogische als die geologische Verwandtschaft aller dieser Zinnerzvorkommnisse offenbar sehr gross, und sie scheinen hiernach ganz vorzugsweise mit echt plutonischen, granitischen Gesteinen verbunden zu sein. Man kann aber durchaus nicht umgekehrt sagen, die Zinnerze seien constante Begleiter dieser Gesteine, denn es giebt viel mehr Granitgebiete die keine Zinnerzlagerstätten enthalten, als solche mit Zinnerzen. Ueberhaupt ist die Vertheilung des Zinnerzes in der festen Erdkruste, so weit wir sie kennen, eine sehr sonderbar ungleichförmige. In einigen Gegenden ist es ungemein häufig, und in sehr grossen Gebieten hat man dagegen auch noch nicht eine Spur davon aufgefunden. Wie kommt es, dass gerade im Erzgebirge, in der Bretagne, in Castilien, in Cornwall und auf einigen einander benachbarten ostindischen Inseln so viel Zinnerz gefunden wird, während es ausserdem zu den Seltenheiten gehört? Man kann wohl be-

haupten, dass selbst das Gold viel gleichmässiger verbreitet, und in so fern häufiger ist, obwohl es noch an keinem einzelnen Orte in solcher Menge gefunden wurde als das Zinn, — und an dieser höchst ungleichen Vertheilung nimmt der Wolfram, wie es scheint, Theil.

Kaum eine andere Gruppe von Erzen und begleitenden Mineralien wiederholt sich bei wechselnder Gestalt der Lagerstätten so constant und unter so analogen geologischen Verhältnissen als die der Zinnerze.

2. Freiberger ältere Silbererzgänge. Quarz und Carbonspäthe sind mit Bleiglanz, Blende, Kiesen und edlen Silbererzen verbunden. Man unterscheidet bei Freiberg folgende drei Formationen dieser Gänge:

a) Edle Quarzformation wird die Ausfüllung gewisser Gänge genannt, die vorherrschend aus Quarz oder Hornstein besteht, und die in dieser Hauptmasse eingesprengt oder in Drusen hier und da edle Silbererze, silberhaltigen Arsenkies, etwas Bleiglanz und Blende enthält. Ueberhaupt hat man darin bei Freiberg ausser der quarzigen Hauptmasse, welche oft viele Bruchstücke des Nebengesteins umschliesst, folgende Mineralien gefunden, die aber keineswegs alle gleichzeitiger Entstehung sind, und von denen nur die durchschossen gedruckten charakteristisch, viele sogar secundärer Bildung, d. h. entweder durch Umwandlung entstanden oder erst später hinzugekommen sind: Flussspath, Gyps, Schwerspath, Strontianit, Kalkspath, Braunspath, Perlspath, Eisenspath, Manganspath, Weissbleierz, Metaxit, Steinmark, Hypochlorit, Antimonocker, Antimonspath, Brauneisenerz, Glanzeisenerz, gediegenes Silber, Geokronit, Bleiglanz, Boulangerit, Zinkenit, Antimonglanz, Heteromorphit, Berthierit, Bournonit, Eugenglanz, Melanglanz, Silberglanz, Weissgiltigerz, Fahlerz, Kupferkies, Arsenkies, (Weisserz und Mispickel), Schwefelkies, Eisenkies, Millerit, Zinkblende, Antimonblende, Miargyrit, Antimonsilberblende, Feuerblende, Manganblende.

b) Kiesige Bleiformation. Die Ausfüllung der Gänge dieser Formation besteht vorherrschend aus Schwefelmetallen

mit Quarz. Local herrschen Bleiglanz und Blende mit wenig Kiesen ganz vor, in einigen Gängen dagegen Kupfererze, die man dann auch wohl als besondere Kupfererzformation unterschieden hat. Gewöhnlich sind die Hauptbestandtheile unregelmässig gemengt, nur ausnahmsweise zeigen sich Spuren einer parallel lagenförmigen Anordnung.

Ueberhaupt wurden in den Gängen die man zu dieser Formation rechnet, bei Freiberg folgende Mineralien gefunden: Quarz, Hornstein, Opal, Flussspath, Gyps, Schwerspath, Kalkspath, Braunspath, Perlspath, Eisenspath, Manganspath, Weissbleierz, Pyromorphit, Malachit, Kupferlasur, Kupferschaum, Würfelerz, Scorodit, manganhaltiger Pharmakolith, Kobaltbeschlag, Arseneisensinter, Eisenvitriol, Nakrit, Allophan, Chlorit, Kupfergrün, Scheelit, Atakanit, Stilpnosiderit, Kupfermanganerz, Kupferschwärze, Brauneisenerz, Rothkupfererz, Ziegelerz, Glanzeisenerz, Zinnerz (Spuren in Blende), gediegenes Silber, gediegenes Kupfer, Bleiglanz, Kupferglanz, Kupfersilberglanz, Bournonit, Eugenglanz, Silberglanz, Schilfglaserz, Weissgiltigerz, Fahlerz, Tennantit, Zinkfahlerz, Buntkupferkies, Arsenkies, Weisskupfererz, Schwefelkies, Eisenkies, Zinkblende, Antimonsilberhlende.

c) Edle Bleiformation. Die wesentlichen Ausfüllungsmaterialien dieser Gänge sind Quarz, Braunspath oder Manganspath, Bleiglanz und Blende; in Drusen und Adern oft reiche Silbererze. Parallel lagenförmige Anordnung zeigt sich schon etwas häufiger als bei der vorigen Formation. Ueberhaupt hat man darin folgende Mineralien gefunden: Quarz, Hornstein, Opal, Flussspath, Gyps, Schwerspath, Kalkspath, Brannspath, Perlspath, Rautenspath, Eisenspath, Manganspath, Weissbleierz, Pyromorphit, Arseneisensinter, Nakrit, Steinmark, Stilpnosiderit, Chlorsilber, Brauneisenerz, Arsenblüthe, Glanzeisenerz, Rutil, Uranpecherz, gediegenes Silber, gediegenes Arsen, Bleiglanz, Engenglanz, Melanglanz, Silberglanz, Akanthit (biegsames Schilfglaserz), Schilfglaserz, Weissgiltigerz, Fahlerz, Kupferkies, Arsenkies, Schwefelkies, Eisenkies, Zinkblende, Xanthokon, Antimonsilberblende, Realgar.

Diese drei Freiberger Gangformationen sind ihrem Alter nach nicht sehr bestimmt von einander zu trennen, und auch nach ihrer Zusammensetzung nicht scharf geschieden. Wo die eine oder die andere charakteristisch entwickelt ist, da fällt es nicht schwer sie zu erkennen, aber es giebt Zwischenstufen oder Vereinigungen zweier Formationen in einem Gange, in welchen Fällen dann eine sichere Trennung unmöglich wird. Es lassen sich diese drei Formationen in ihrer Gesammtheit an vielen anderen Orten wiedererkennen, jede einzelne wiederholt sich aber kaum irgendwo genau so.

Für die Gesammtheit lassen sich als Beispiele auswärtigen Vorkommens z. B. die folgenden anführen: In Böhmen die Gänge von Przibram in der Silurformation, die von Bleistadt im Glimmerschiefer, die von Adamstadt, Kuttenberg, Ratiboritz und Michelberg im Gneiss. In Schlesien die älteren Kupfer- und Bleierzgänge im grünen Schiefer von Kupferberg. Im Karpathengebiet die von starken Imprägnationen begleiteten Gänge von Kirlibaba (Bukowina), die im tertiären Grünstein (Timazit) von Kapnik, Turcz, Porpatak, Kremnitz und Schemnitz. In den Alpen die Gänge im Thonschiefer des Pfundrersberges, viele im Glimmerschiefer der Umgebung des Montblanc und bei Allemont. In der Bretagne die Gänge im Thonschiefer von Poullaouen und Huelgoat. In Wales die Gänge im Thonschiefer von Cardiganshire. Diese alle zeigen gemeinsame Charaktere und namentlich Mangel an Schwerspath, der höchstens accessorisch darin auftritt.

Vielleicht lassen sich hierher auch noch die goldhaltigen Quarzgänge von Culera in Spanien, sowie die der Salzburger Alpen, und manche Kupfer-, Nickel- und Kobalterze enthaltende Gänge verschiedener Gegenden rechnen.

3. Barytische Bleiformation. Bei Freiberg sind die schwerspathreichen Blei- und Silbererzgänge leicht und scharf von den anderen zu unterscheiden. Sie sind entschieden neuerer Entstehung, und wenn in jenen älteren zuweilen auch etwas Schwerspath oder Flussspath vorkommt, so ist es nur in Drusenräumen. Das Charakteristische der barytischen Gänge besteht

in dem vorherrschenden Schwerspath; dieser ist verbunden mit Flussspath, Quarz, Bleiglanz, Blende und Kiesen. Ihre Structur ist zuweilen sehr deutlich lagenförmig und ihre Drusenräume enthalten oft schöne Krystallisationen. Ueberhaupt hat man in diesen Gängen bei Freiberg folgende Mineralien beobachtet: Quarz, Achat, Opal, Flussspath, Gyps, Schwerspath, Pseudoapatit, Kalkspath, Braunspath, Perlspath, Rautenspath, Eisenspath, Weissbleierz, Pyromorphit, Kobaltbeschlag, Nakrit, Steinmark, Beryll (?), Fettbol, Pinguit, Stilpnosiderit, Chlorsilber, Brauneisenerz, Glanzeisenerz, Uranpecherz, gediegen Silber, gediegen Kupfer, gediegen Arsen, gediegen Wismut, Selenblei, Bleiglanz, Bournonit, Eugenglanz, Melanglanz, Silberglanz, Fahlerz, Kupferkies, Schwefelkies, Glanzkobalt, Speiskobalt, Eisenkies, Chloantit, Rothnickelkies, Weissnickelkies, Millerit, Zinkblende, Antimonsilberblende, Feuerblende, Realgar.

Mit kleinen Modificationen, besonders rücksichtlich der Erzführung, wiederholen sich diese durch Schwerspath charakterisirten Gänge in sehr vielen Erdgegenden und unter ziemlich ungleichen geologischen Verhältnissen. Dabei scheint auch die Periode ihrer Bildung sehr verschieden zu sein; sicher ist es wenigstens, dass einige der bekannten erst gegen Ende der Tertiärperiode ausgefüllt worden sind.

Die Verschiedenartigkeit ihres Nebengesteins und ihres Metallgehaltes geht aus der nachstehenden Tabelle hervor, die natürlich nicht auf Vollständigkeit Anspruch macht, und in welcher immer nur die wesentlichen Metalle genannt sind.

Gebiet.	Ort.	Nebengestein.	Charakteristische Metalle.
Erzgebirge.	Marienberg.	Gneiss.	Blei-, Silber-, Kupfer-, Kobalt- u. Nickelerze.
	Ehrenfriedersdorf.	Glimmerschiefer.	Silber- und Kupfererze.
	Annaberg.	Gneiss.	Silber-, Kobalt-, Nickel- und Wismuterze.
	Weipert.	Gneiss.	Blei- und Silbererze.
	Joachimsthal mit wenig Schwersp.	Glimmerschiefer, Quarzporphyr u. Basalt.	Blei-, Silber-, Kupfer-, Kobalt-, Nickel- und Wismuterze.
	Schneeberg (ein Theil d. Gänge).	Thonschiefer und Glimmerschiefer.	Blei-, Silber-, Kobalt-, Nickel- und Wismuterze.
Harz.	Clausthal.	Kulmformation.	Blei-, Silber- u. Kupfererze.
Rheingebirge.	Holzappel mit wenig Schwersp.	Thonschiefer.	Blei-, Silber- u. Kupfererze.
Schwarzwald.	Wolfach.	Gneiss und Granit.	Blei-, Silber- u. Kupfererze.
	Wittich.	Gneiss und Granit.	Blei-, Silber-, Kobalt-, Nickel- u. Wismuterze.
	Schappachthal.	Gneiss.	Blei-, Silber-, Kupfer- und Wismuterze.
	Sulzburg.	Gneiss und Granit.	Blei- und Silbererze.
	Badenweiler.	Granit und Buntsandstein.	Blei-, Silber- u. Kupfererze.
	Münsterthal.	Gneiss u. Porphyr.	Blei- und Silbererze.
Riesengebirge.	Kupferberg.	Dioritschiefer.	Blei, Silber, Kupfer, Kobalt und Nickel.
Ungarn.	Felsöbánya.	Tertiärer Grünstein.	Blei, Silber, Gold und Antimon.
Alpen.	Stubegg.	Thonschiefer.	Blei und Silber.
	Brixlegg.	Guttensteiner Kalk.	Silber und Kupfer.
	Schwaz.	Guttensteiner Kalk.	Silber und Kupfer.
Italien.	Valle di Castello.	Glimmerschiefer.	Blei und Silber.
	Massetano.	Schichten d. Kreideperiode.	Blei und Silber.

Digitized by Google

Gebiet.	Ort.	Nebengestein.	Charakteristische Metalle.
Vogesen.	Urbeis.	Gneiss und Granit.	Blei, Silber und Kupfer.
	Lembach.	Vogesensandstein.	Blei, Silber und Zink.
	Giromagny.	Porphyr.	Blei, Silber, Kupfer u. Gold.
Central-Frankreich.	St. Julien.	Granit und Gneiss.	Blei und Silber.
	St. Just und St. Germain.	Granit, Porphyr u. Steinkohlenform.	Blei uud Silber.
	Villefrauche und Najac.	Gneiss, Porphyr u. Triasschichten.	Blei, Silber, Kupfer und Nickel.
	Asprières.	Gneiss, Granit und Diorit.	Blei, Silber und Kupfer.
	Corbières.	Thonschiefer und Gneiss.	Blei, Silber, Kupfer und Autimon.
	Milhau.	Granit, Glimmerschiefer, Trias u. schwarzer Jura.	Blei, Silber und Kupfer.
Spanien.	Hiendelencia.	Kryst. Schiefer.	Blei, Silber u. Antimon.
	Carthagena.	Silurschichten und Trachyt?	Blei, Silber u. Kupfer.
	Sierra Almagrera.	Glimmerschiefer u. Thonschiefer.	Blei und Silber.
	Linares.	Granit u. triasischer Sandstein.	Blei und Silber.
Grossbritannien u. Irland.	Llanidloes.	Thonschiefer.	Blei und Silber.
	Derbyshire.	Kohlenkalkstein.	Blei und Silber.
	Cumberland.	Kohlenkalkstein.	Blei und Silber.
	Wicklow.	Granit.	Blei nnd Silber.

Diese Beispiele, nur aus Europa entnommen, mögen genügen um die grosse Verbreitung der durch Schwerspath charakterisirten, sonst aber ungleich entwickelten Gangformation anzudeuten. Bekannt ist dieselbe in beinahe allen Ländern der Erde in welchen Gangbergbau betrieben wird.

Da bei Freiberg die älteren Silbererzgänge und die jüngeren barytischen in demselben Gebiet vereint auftreten, so dürfte eine Zusammenstellung der in ihnen gemeinsam oder einzeln nachgewiesenen chemischen Elemente von Interesse sein.

Digitized by Google

Ich ordne dabei nur ganz ungefähr nach der Häufigkeit oder Quantität des Vorkommens, eine Reihung die natürlich nur auf höchst unsicherer Abschätzung beruhen kann, in ihren Einzelheiten daher auch durchaus keinen Werth hat.

In den älteren und jüngeren Gängen gemeinsam sind nachgewiesen: Silicium, Schwefel, Eisen, Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Calcium, Magnesium, Blei, Zink, Arsen, Kupfer, Silber, Antimon, Mangan, Chlor, Wismut, Gold, Kobalt, Uran, Wolfram, Cadmium, Aluminium und Indium. Phosphor gehört beiden, aber wohl nicht als ursprünglicher Bestandtheil an. In den älteren Gängen allein: Zinn; in den jüngeren Gängen als ursprünglich allein Barium, Fluor, Nickel, Titan und Selen (?).

Die Uebereinstimmung beider ist sonach sehr gross, zumal da wir annehmen dürfen, dass Nickel, Titan und Selen nur zufällig in den älteren Gängen noch nicht gefunden sind, und da Barium und Fluor in Drusen der älteren Gänge ebenfalls vorkommen. Ungefähr die Hälfte aller bekannten Elemente ist sonach in den Freiberger Erzgängen vertreten; das sind aber grossentheils ganz andere, als die in den weitverbreiteten Gesteinsbildungen irgend einer Art vorherrschenden. Am auffallendsten ist der gänzliche Mangel an Kalium und Natrium, sowie das äusserst untergeordnete Vorkommen von Aluminium. Schon diese grosse chemische Verschiedenheit belehrt uns, dass die Entstehung der Freiberger wie aller ähnlichen Erzgänge auf andere Weise erfolgt sein muss als die der eruptiven, sedimentären oder metamorphischen Gesteine, besonders aber wirft der Mangel an Kalium, Natrium und Aluminium einiges Licht auf die Bildungsweise. Die Aluminiumverbindungen waren vermuthlich zu schwer auflöslich um durch Solutionen in die Gangspalten zu gelangen, die Alkalien aber blieben als besonders leicht löslich in der Solution und flossen mit dieser ab, in Form von Mineralquellen.

4. Eisensteingänge. Diese, aus Roth- und Brauneisenerz mit Quarz, Hornstein und Eisenkiesel bestehend, sind im Erzgebirge, wie es scheint überall die jüngsten. Sie enthalten ausser den genannten Mineralien oft Manganerze, Kalkspath,

Schwerspath und noch mancherlei Mineralien, darunter auch Erze, die sonst vorzugsweise in den älteren Erzgängen auftreten. Ihre Trennung von denselben ist überhaupt keine ganz scharfe. Im Voigtland reihen sich an sie Spatheisensteingänge mit Kupfererzen an, die am Ausgehenden zuweilen fast ganz in Brauneisenerzgänge umgewandelt sind. Diese und ähnliche Verhältnisse in anderen Ländern — die sogenannten „eisernen Hüte" vieler Erzgänge u. s. w. — erwecken die Idee, es könnten viele Eisensteingänge etwa nur die oberen Teufen von anderen Erzgängen darstellen. Dadurch würde sich dann auch das durchschnittlich jugendliche Alter der meisten Braun- und Rotheisenerzgänge erklären, während doch sicher in allen Perioden dergleichen gebildet worden sind. Es könnte sich, wenn die Idee begründet wäre, damit ähnlich verhalten wie mit den plutonischen und vulkanischen Gesteinen — d. h. der eisenerzreiche obere Theil der älteren Gänge, welcher dem vulkanischen Theil der Eruptivmassen entspricht, ist in den meisten Fällen zerstört und abgeschwemmt, und man findet dann nur noch den unteren Theil, welcher vorherrschend andere Erze und z. Th. überhaupt andere Mineralien enthält; blos von den neueren hat sich auch jener obere Theil gewöhnlich erhalten, und vielleicht nur darum sind die beobachtbaren Roth- und Brauneisenerzgänge durchschnittlich die jüngsten unter den Erzgängen. Es fehlt indessen noch sehr viel zum Beweis einer solchen Hypothese, was aber von weiterer Verfolgung derselben nicht abhalten darf.

In den Lagergängen von Berggiesshübel in Sachsen kommen wirklich in der Tiefe, unter Braun-, Roth- und Magneteisenerz, Kupfererze vor. Bei Przibram hat man das Ausgehende einiger Blei-Silbererzgänge als Eisenstein gewonnen. Bei Katzenthal in den Vogesen hat man in oberen Teufen nur Eisensteine gewonnen, tiefer hinab aber auch silberhaltigen Bleiglanz mit Blende, Galmei und Schwerspath.

Das sind einige Beispiele welche zu Gunsten der vorstehenden Hypothese gedeutet werden können, die aber freilich dieselbe noch lange nicht beweisen.

Es würde mich viel zu weit führen, wenn ich für die ungemein häufigen Braun- und Rotheisenerzgänge einzelne Beispiele aufzählen wollte. Bemerken will ich aber hier noch, dass man die Manganerzgänge des Thüringer Waldes und der Gegend von Ilfeld am Harz zu derselben Gruppe rechnen muss. Es sind in ihnen nur local die Manganerze vorherrschend.

Im Erzgebirge ist nun ausser diesen Erzgangbildungen und den damit verbundenen Imprägnationen noch eine besondere Gruppe von Erzlagerstätten vorhanden, die sich von den gewöhnlichen Gangbildungen unterscheidet, und die auch mineralogisch etwas anders zusammengesetzt ist. Es sind das

5. Die erzführenden Grünsteine der Gegend von Schwarzenberg. Früher bezeichnete man sie als Erzlager im Glimmerschiefer, ich habe 1838 in den Erläuterungen zur geognostischen Karte von Sachsen gezeigt, dass sie an grünsteinartige Gesteine gebunden sind, die den Glimmerschiefer, ziemlich parallel seiner Schieferung — also als Lagergänge — durchsetzen. Mit diesen Grünsteinen sind die Erze local der Art verwebt, dass man sie etwa als locale Imprägnationen in denselben bezeichnen kann. Breithaupt unterschied in seiner Paragenesis dieses Vorkommen als Pyroxen-Granat-Pyrit-Blende-Formation. Damit sind aber nur einige Hauptbestandtheile dieser sehr mineralreichen Bildungen genannt, die bei gleichem allgemeinen Charakter local ausserordentlich verschieden zusammengesetzt sind. Ich werde hier nicht alle Mineralien aufzählen, die man in diesen Lagerstätten gefunden hat; als charakteristisch sind besonders die folgenden anzusehen: Pyroxen, Hornblende, Strahlstein, Idokras, Granat, Axinit, Helvin, Epidot, Prasem, Magnetkies, Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, Blende, Glanzarsenkies, Arsenkies, Magneteisenerz, Eisenglanz und Zinnerz.

Die Grünsteine, welche local diese besonderen Mineralanhäufungen enthalten, begleiten sehr häufig Einlagerungen von körnigem Kalkstein, der offenbar dem Glimmerschiefer angehört. Es ist das an und für sich eine räthselhafte Erscheinung, da man zunächst keinen Grund einsieht, warum das

Eindrängen der eruptiven Grünsteine so häufig den Kalklagern folgte. Das ist aber nicht nur im Gebiet der krystallinischen Schiefer der Fall, es wiederholt sich dasselbe auch im Grauwackengebiet des Voigtlandes, wo ebenfalls gewisse Diorite nnd Diabase vorzugsweise mit gewissen Grauwackenkalksteinen zusammen anftreten.

Gerade dem Contact so heterogener Gesteine scheinen in der Gegend von Schwarzenberg einige der besonderen Mineralien ihren Ursprung zu verdanken, wobei ich jedoch nicht lediglich an Einwirkungen heissflüssiger Eruptivmassen, sondern auch an nachträgliche Solutionswirkungen unter dem Einfluss so heterogener Gesteine denke. Stellenweise wird der Granat so vorherrschend, dass man die Masse als Granatfels bezeichnen mag, an anderen Stellen bildeten sich abbauwürdige Magneteisenerzmassen aus, wieder an anderen herrschen Kiese oder die Zinkblende sehr vor. Auch Erlanfels ist mit diesen eigenthümlichen Lagerstätten verbunden (Erzlagerst. II, S. 37. Erläuterungen zur geognostischen Karte von Sachsen etc. II, 1838. S. 219).

Anch an diese erzgebirgischen Bildungen lassen sich einige ausländische Vorkommnisse als mehr oder weniger verwandt anreihen, doch sind die Variationen so gross, dass es nicht gelingen will, eine bestimmte Gruppe abzugrenzen. Als ungefähr hierher gehörig möchte ich die folgenden Lagerstätten bezeichnen:

a) Die im Gneiss von Bodemeis in Bayern, welche aus unregelmässigen Gemengen von Magnetkies, Zinkblende, Bleiglanz, Magneteisenerz, Schwefelkies, Kupferkies, Dichroit, Strahlstein, Granat, Pyroxen, Feldspath, Quarz, Amethyst, Serpentin u. s. w. bestehen (Erzlagerst. II, S. 159). *b)* Die Contactlagerstätten, welche im Banat und in Serbien zwischen körnigem Kalkstein und Banatit (einem Grünstein) oder anch zwischen Kalkstein und Glimmerschiefer inne liegen; sie bestehen aus ähnlichen unregelmässigen Gemengen von Kiesen, Bleiglanz, Blende, Magneteisenerz u. s. w., und auch sie sind verbunden mit Granatfels und ihm angehörigen Mineralien, und

Digitized by Google

wenn auch hier der Granatfels deutlich anderer und älterer Entstehung ist als die Erze, so ist doch das Gesammtvorkommen ein ziemlich ähnliches und local wechselndes, wie bei Schwarzenberg. Die Banater Lagerstätten, die ich kürzlich ausführlich beschrieb, sind nach ihrer geologischen Stellung weit deutlicher aufgeschlossen und in so fern belehrender, als die von Schwarzenberg, bei denen man vielleicht ebenso wirkliche Contactmineralien von später infiltrirten unterscheiden könnte (Erzlagerstätten im Banat und in Serbien 1864). An die Banater und serbischen Contactbildungen schliessen sich als durchaus analog *c)* die von Rezbánya in Ungarn und die von Offenbánya in Siebenbürgen an, und beiden gleichen, nach G. Rose's und H. Müller's Beschreibungen, sowie nach Suiten und Modellen welche die Freiberger Akademie dem General von Völkner verdankt, die Kupfererzlagerstätten, welche bei Bogoslowsk im Ural, von Granatfels begleitet, zwischen Grünstein und Kalkstein inne liegen (Erzlagerst. II, S. 546). Auch die Kupfererze von Chessy bei Lyon und von Rio Tinto in Spanien liegen am Contact von Grünsteinen. Alle diese bilden gemeinsam eine nicht scharf umgrenzte, aber doch zusammengehörige Gruppe.

Zurückkehrend zu den eigentlichen Erzgängen, und nicht mehr vom Erzgebirge als Norm ausgehend, können wir

6. Die Tellur- und Gold-führenden Gänge Siebenbürgens als eine besondere Gruppe unterscheiden. Das Tellur, als der einzige Grundstoff, mit dem man das Gold vererzt findet, ist das charakteristische Merkmal derselben, und dieses Element gehört zu den besonders seltenen. Nur sehr wenige Gegenden sind bis jetzt bekannt, in denen sich Tellurerze finden. Die tertiären Grünsteine in den Gegenden von Nagyág, Zalathna und Offenbánya sind von Spalten durchsetzt, in welchen sich goldhaltige Tellurerze mit Quarz, Braunspath und einigen anderen Mineralien abgelagert haben; das war bis vor Kurzem das einzige belangreiche Vorkommen der Art, wogegen die Tellurerze von Sawodinsk am Altai und von Spottsylvania in Virginien unbedeutend erschienen. Ganz neuerlich hat man

indessen auch im Calaveras-Gebiet Californiens reiche Tellurerze mit Gold-, Silber- und Bleigebalt in Gängen aufgefunden, welche metamorpbiscbe Schiefer durchsetzen. Vergl. meine Erzlagerstätten Ungarns und Siebenbürgens 1862, S. 65 und Berg- und Hüttenm. Zeit. 1865, S. 374.

Ebenfalls eine besondere Gruppe bilden:

7. Die Silbergänge von Andreasberg am Harz und von Kongsberg in Norwegen. Die sonst in Erzgängen so bäufigen Schwefelmetalle spielen in ibnen nur eine untergeordnete Rolle; meist edle Silbererze, aus denen oft gediegenes Silber hervorgegangen ist, sind verbunden mit Kalkspath, Quarz und allerlei Zeolithen, die sonst nur selten in Erzgängen angetroffen werden (Erzlagerstätten II, S. 90 u. 512, Credner, St. Andreasberg 1865).

8. Kiesstöcke. Eine ausgezeichnete Gruppe bilden die Kupfererzlagerstätten von Goslar, Agordo, Schmöllnitz und Fablun. Sie bestehen sämmtlich ganz vorherrschend aus mächtigen Anhäufungen von Kiesen zwischen Thonschiefer oder Glimmerschiefer; ibre Gestalten nähern sich der Linsenform, ungefähr parallel dem Schiefer; äusserlich sind sie nmgeben von, oder stehen in Verbindung mit Kiesimprägnationen des Schiefers, innerlich zeigen sie z. Tb. Spuren von Parallelstructur, entsprechend dem einschliessenden Schiefer; hie und da sind sie von glänzenden Reibungsflächen, sogenannten Erzspiegeln, durchzogen. In allen herrscht der Schwefelkies vor, Kupferkies ist diesem nur untergeordnet beigemengt, local finden sich darin auch Bleiglanz, Blende, Quarz und Scbwerspath, sowie unerkennbar beigemengt Spuren anderer Erze, welche Gold, Silber, Kobalt, Nickel, selbst etwas Zinn entbalten.

Erst kürzlich habe icb gezeigt, dass die mächtige Kiesmasse des Rammelsberges bei Goslar eigentlich aus einer zusammengruppirten Verbindung kleinerer unregelmässiger Linsen besteht; bei Schmöllnitz in Ungarn ist dasselbe erkennbar; bei Agordo in den Alpen und bei Fablun in Schweden ist die Masse mindestens von Schieferlagen durchzogen, die man in Schweden Skölar nennt. Möglicher Weise sind dadurch diese

Digitized by Google

gewaltigen Kiesstöcke ebenfalls in kleinere Körper getrennt, was bei der gewöhnlichen Art ihres Abbaues leicht übersehen werden konnte. Sehr räthselhaft bleibt bei Alledem die Entstehung solcher massenhaften Anhäufungen von Schwefelmetallen. In keinem Falle kann man sie als nachträgliche Ausfüllungen so grosser Hohlräume ansehen; da nun ihre Zusammensetzung und ihr allseitiger Abschluss auch nicht mit der Annahme heissflüssiger Injection vereinbar ist, so bleibt eigentlich nur die Wahl zwischen gleichzeitiger Ablagerung und späterer Imprägnation, welche letztere aber, ähnlich einer Verdrängungspseudomorphose, zugleich mit der theilweisen Zerstörung und Fortführung des Schiefergesteins verbunden gewesen sein müsste. Vergl. Erzlagerstätten in Ungarn nnd Siebenbürgen S. 53 und Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1861 S. 195, 1862 S. 452 nnd Oesterr. Zeitschrift 1863 S. 101 nnd 235.

Die Kiesmassen von Rio Tinto und überhanpt der Provinz Huelva in Spanien sind zwar nach Form und Zusammensetzung den hier besprochenen ähnlich, ihre geologische Stellung scheint aber eine andere zu sein; nach Lan's Schilderung finden sie sich an den Grenzen eruptiver Gesteine gegen Thonschiefer, gleichen also hiernach weit mehr den Contactstöcken im Banat und in Serbien.

Die Abtheilungen der Naturproducte, welche wir zu ihrer leichteren Uebersicht und Vergleichung bilden, tragen alle mehr oder weniger das Gepräge der Unvollkommenheit oder sogar der Willkühr an sich; sie genügen nie für die Gesammtheit der Erscheinungen. Es lassen sich einzelne Naturkörper vortrefflich aneinanderreihen, dann finden sich aber andere, die sich minder gut anschliessen, welche die Eigenschaften zweier natürlicher Gruppen in sich vereinigen, und daher als verbindende Glieder zwischen sie gestellt werden könnten, oder auch solche, die von allen ziemlich stark abweichen. An die Kiesstöcke reihen sich auf jene Weise die Kieslager an, die selbst zuweilen aus unregelmässig linsenförmigen Körpern zn bestehen scheinen oder die local in blosse Imprägnationen verlaufen. Ich erinnere hier z. B. an die kupferhaltigen Kieslager im Glimmer-

Digitized by Google

schiefer von Poschorita und Domokos in der Bukowina und in Siebenbürgen, im chloritischen Schiefer von Kilzbühel in Tirol, und im Thonschiefer bei Mitterberg in den Salzburger Alpen, sowie an die im talkigen Chloritschiefer von Röraas in Norwegen.

9. Blei- und Zinkerzlagerstätten in Kalkstein und Dolomit. In Oberschlesien, in Westphalen und Belgien, bei Wiesloch in Baden, in den Kärnthner Alpen, bei Anduze in Frankreich, in der spanischen Provinz Santander, sowie in den nordamerikanischen Staaten Wisconsin, Illinois und Jowa treten in den Kalksteinen und Dolomiten sehr ungleich alter Formationen unregelmässig gestaltete, seltener gangförmige, z. Th. sehr massenhafte Anhäufungen von Bleiglanz, Zinkblende, Galmei und Zinkspath auf, welche alle gleichartiger, aber durchaus nicht gleichzeitiger Entstehung sind. Grosse Gebiete müssen von metallhaltigen Solutionen durchdrungen worden sein, aus denen die Ablagerung der genannten Erze vorzugsweise nur in Dolomit oder Kalkstein, oft auf deren Kosten, erfolgte. D. h. die Solution durchzog das vielfach zerspaltene Gestein, und dieses reagirte auf dieselbe dergestalt, dass kohlensaurer Kalk und Talk aufgelöst, an ihrer Stelle aber jene Erze abgelagert wurden. Das sind Verdrängungspseudomorphosen im grossartigsten Maassstabe und ohne Krystallform, deren Bildung jedenfalls sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Aber auch vorhandene Hohlräume oder Spalten wurden bei dieser Gelegenheit ausgefüllt. Es ist durchaus unzulässig, anzunehmen, die Ablagerung der Erze sei in diesen Fällen gleichzeitig mit der der Kalksteine oder Dolomite erfolgt; die ganze Art der Erzverbreitung spricht dagegen, abgesehen davon dass diese Gesteine sehr ungleichen Formationen angehören, und dass zuweilen sogar die marinen Versteinerungen derselben ganz vererzt sind, die Thiere daher in einer ziemlich metallhaltigen Solution gelebt haben müssten, wenn die Erzbildung eine gleichzeitige gewesen wäre. Die Erze treten theils im Gestein und mit ihm verflösst auf, theils in Gangspalten oder auf Schichtungsklüften, und von diesen aus mehr oder weniger in das Gestein eingedrungen.

Die Ablagerungen in den Spalten und Schichtungsklüften sind entschieden neuerer Entstehung als das Gestein; sie sind aber ganz von derselben Beschaffenheit wie die übrigen Erze. Am deutlichsten zeigt sich das bei den Bleierzlagerstätten im Kohlenkalk von Derbyshire und Cumberland, die vorherrschend Gangspalten, z. Th. mit sehr regelmässiger, symmetrischer Lagentextur ausfüllen, und in denen die Erze zugleich mit viel Schwerspath und Flussspath verbunden sind, wodurch diese Gänge (rake-veins) durchaus den Charakter der Freiberger barytischen Bleiformation annehmen, während mit ihnen verbunden wieder dieselben Erze in Schichtungsklüften (flat-veins) und in unregelmässigen Räumen (pipe-veins) auftreten, wodurch sie sich den oben genannten Lagerstätten auf das Innigste anschliessen. Bemerkenswerth ist es noch, dass die meisten dieser bleiglanzreichen Lagerstätten ungewöhnlich arm an Silber sind, so arm wie man nur selten den in eigentlichen Erzgängen auftretenden Bleiglanz findet. Ob der Kalkstein weniger auf das Silber reagirte oder ob gerade diese Solutionen besonders wenig davon enthielten, bleibt dabei fraglich.

Es ist der Mühe werth, diese Erzvorkommnisse tabellarisch übersichtlich aneinander zu reihen, damit sich ihre Uebereinstimmung wie ihre Verschiedenheit leichter übersehen lässt; ich habe das auf Seite 190 und 191 versucht.

In dieser, ungefähr nach dem Alter der einschliessenden Formationen geordneten Tabelle, ist unter Galmei stets sowohl das kohlensaure als das kieselsaure Zinkoxyd zu verstehen, wie das bei den Bergleuten üblich ist; ausser den Haupterzen sind nur besonders charakteristische Begleiter angeführt, und in der letzten Spalte sind nur solche Schriften citirt, die in der zweiten Auflage meiner Erzlagerstätten nicht genannt sind.

Ich könnte zu den angeführten Localitäten noch eine hinzufügen: das ist Kuczaina in Serbien, und obwohl dieses Galmeivorkommen nicht ganz mit den vorstehenden übereinstimmt, so ist es doch gerade ganz besonders lehrreich. Bei Kuczaina ist dichter Jurakalk von einem porphyrartigen Gestein durchsetzt, welches Quarz-, Feldspath-, Hornblende- und Glimmer-

krystalle in einer dichten Felsitgrundmasse enthält. Am Contact des Porphyrs finden sich im Kalkstein unregelmässige Anhäufungen von silberhaltigem Bleiglanz, Blende und Kiesen; diese entsprechen sehr den merkwürdigen Contactstöcken, welche das Banat von Süd nach Nord durchziehen, und ebenso denen von Maidanpek. Neben den aus Schwefelmetallen bestehenden Contactstöcken enthält aber bei Kuczaina der unveränderte Jurakalk theils ganz umschlossene Nester, theils Ausfüllungen gegen oben offener Auswaschungslöcher, die fast nur aus Galmei bestehen, ohne eine Spur von Schwefelmetallen. Offenbar stehen dieselben in einer gewissen Beziehung zu den Contactstöcken; es sind entweder Umwandlungsproducte derselben, oder sie sind zwar von derselben Solution abgelagert, aus welcher diese hervorgingen, aber unter der Einwirkung anderer Reactionen, — näher der Oberfläche und nur zwischen Kalkstein, nicht auch an den Grenzen jenes Silikatgesteins.

Einigermaassen verwandt mit den unregelmässigen Bleierzlagerstätten in Kalkstein oder Dolomit, sind die Bleiglanzknoten in Sandsteinen, z. B. bei Commern in Rheinpreussen, welche offenbar als Imprägnationen von unzähligen Spalten ausgehend, anzusehen sind.

Die bis jetzt besprochenen neun Gruppen von Erzlagerstätten lassen sich verhältnissmässig leicht unterscheiden und trennen, wenigstens da wo sie charakteristisch entwickelt sind. Bei den nun folgenden ist das schon schwieriger, Material und Form variiren mehr und mehr; ganz unlösbar wird aber die Aufgabe, wenn man versucht, überhaupt alle bekannten Erzlagerstätten auf diese Weise zu gruppiren.

10. Fallbänder hat man wohl zuerst bei Kongsberg in Norwegen, gewisse Zonen im Glimmerschiefer genannt, welche sehr kleine Theilchen von Kiesen und anderen Schwefelmetallen enthalten, die man dort zwar nicht selbst abbaut, welche aber einen entschiedenen Einfluss auf die Vertheilung der Silbererze in den sie durchsetzenden gangförmigen Lagerstätten ausgeübt zu haben scheinen. Es mag dabei zweifelhaft bleiben, ob diese Erztheilchen dem Gestein ursprünglich angehörten oder ob sie

Ort.	Formation.	Natur der Lagerstätten.	Beschreibung.
Santander in Spanien.	Dolomitischer Kalkstein der Jura- oder Kreideperiode.	Stock- u. lagerförmige Imprägnationen von Galmei, Bleiglanz u. Blende mit Kupfer-, Nickel- u. Arsenerzen.	Compt. rend. 1858 t. 47 p. 728 u. 1859 t. 49 p. 553. Mining Magaz. 1861 p. 73. Bg.- u. Hüttm. Z. 1863 p. 163. Jahrb. f. Min. 1864 S. 849.
Palières bei Anduze in Frankreich.	Dolomitischer Kalkstein des schwarzen Jura.	Stöcke von Bleiglanz, Blende, Galmei mit Kiesen, Quarz, Kalkspath u. Flussspath.	Ann. d. mines 1859 t. 15 p. 47.
Bleiberg in Kärnthen.	Hallstätter Kalk (ob. Trias).	Stöcke u. Gänge von Bleiglanz, Blende u. Galmei.	Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1863 S. 9 u. ff. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1855 S. 169, 1856 S. 369, 1861—62 S. 292 u. 1863 S. 25. Oesterr. Zeitschr. 1863 S. 52, 173, 373 u. 382.
Windisch Bleiberg in Kärnthen.	Hallstätter Kalk.	Imprägnationen von Bleiglanz u. Blende neben Klüften.	
Miss bei Bleiburg in Kärnthen.	Hallstätter Kalk.	Stockförmige Imprägnationen, Nester u. Klumpen von Bleiglanz u. Blende.	
Raibl in Kärnthen.	Dolomit des Guttensteiner Kalkes (untere Trias).	Lagerähnl. Imprägnationen u. Spaltenausfüllungen.	
Höllenthal u. s. w. im Wettersteingebiet der Alpen.	Hallstätter Kalk.	Blei- und Zinkerzimprägnationen neben Klüften.	Gümbel's Bayrisch. Alpengebirge S. 245.

Wiesloch in Baden.	Trochytenkalkstein der Muschelkalkformation.	Stöcke von Bleiglanz, Blende und Galmei.	Jahresber. d. Mannh. Vereins f. Naturk. 1860 S. 36. Ludwig, Reise durch Russland 1862 S. 9.
Tarnowitz u. Beuthen in Oberschlesien.	Dolomit der Muschelkalkformation üb. d. Wellenkalk.	Galmeilagerstöcke und Bleiglanznester.	Jahrb. f. Min. 1864 S. 482. Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1864 Nr. 43.
Olkusz in Polen.	Muschelkalkdolomit.	Aehnlich wie in Oberschlesien.	
Derbyshire u. Cumberland.	Kohlenkalkstein.	Gänge, Lagerklüfte u. Stöcke; Bleiglanz, Blende, Kiese, Schwerspath u. Flussspath.	Wallace, led ore of Alston Moor, 1861. Berg- u. H. Z. 1862 S. 447.
Aachen u. Belgien.	Kohlenkalkstein, Grenze gegen Kohlenschiefer oder gegen devonisch. Schiefer.	Stöcke u. Imprägnationen von Bleiglanz, Blende u. Galmei.	
Ruhrgebiet in Westphalen.	An der Grenze des dolom. Kalksteins d. Devonform. gegen Lenneschiefer.	Stöcke, Ramificationen und Imprägnation. im Kalkstein. Bleiglanz, Blende u. Kiese.	
Bergisch Gladbach.	An der Grenze des devonisch. Kalksteins gegen aufliegende Braunkohlenform.	Inkrustationen u. Nester von Bleiglanz, Blende u. Galmei.	
Wisconsin, Illinois u. Jowa in N.-A.	Dolomitischer Kalkstein der Silurformation.	Stockförmige Massen u. Spaltenausfüll. von Bleiglanz, Blende, Galmei u. Kiesen.	Rep. of a geol. Surv. of the up. Mississippi led region 1862. Berg- u. H. Zeit. 1863 S. 310. Journ. d. min. 1864 t. 6 p. 479.

erst später durch Imprägnation in dasselbe hineingelangten. Ihre Form und Vertheilungsweise entspricht jedenfalls Imprägnationszonen.

Nach diesem Beispiel sind dann später auch andere Erzvertheilungen der Art, besonders in krystallinischen Schiefern, Fallbänder genannt worden, z. B. die Kobalterz-haltigen von Snarum und Skutterut in Norwegen, die Kupfer- und Zinnerzhaltigen von Pittkaranda in Finnland, die Zinnerz- und Kieshaltigen von Querbach in Schlesien. Sie bilden hiernach weniger eine bestimmte Gruppe als eine bestimmte Form des Vorkommens.

11. Kupfererzimprägnationen in mechanischen Sedimenten. Wohl am frühesten waren die in den Sandsteinen und Schieferthonen der Permformation längs des westlichen Uralrandes bekannt. Malachit, Kupferlasur und Volborthit, seltner auch Rothkupfererz, Kupferkies und Fahlerz treten ungleich vertheilt vorzugsweise in Sandstein auf; sie durchziehen dessen Masse wie ein Bindemittel, sie bedecken dessen Klüfte, und nehmen besonders auch den Raum von Pflanzenresten ein, die z. Th. vollständig vererzt sind. Aus der gesammten Natur und Vertheilungsweise dieser Erze in ursprünglich ganz mechanische Sedimente, ergiebt sich unzweifelhaft, dass sie erst nachträglich als Imprägnationen in das schon fertige Gestein eingedrungen sind. Die Solutionen aus denen sie sich ablagerten, scheinen aus der theilweisen Zersetzung im Uralgebirge anstehender, ursprünglicher Kupfererzlagerstätten hervorgegangen zu sein, die wesentlich aus Schwefelverbindungen bestanden; darum finden sie sich nur in der Nähe des Gebirgsrandes, während dieselben mechanischen Ablagerungen, meist Sandsteine, noch sehr weit im flachen Hügellande fortsetzen, da aber ohne alle Erzführung.

Merkwürdiger Weise fand man in ziemlich gleich alten, und auch petrographisch sehr verwandten Ablagerungen Böhmens ganz ähnliche Kupfererzimprägnationen in zwei von einander getrennten Gegenden, und zwar im Rothliegenden, welches sich an den südlichen Fuss des Riesengebirges anlehnt, bei

Digitized by Google

Hohenelbe, Starkenbach u. s. w. und bei Böhmisch Brod im Innern des Landes. Hier fehlen die Schwefelverbindungen noch mehr als im Permschen Gebiet, die Imprägnationen sind überhaupt ärmer, und noch unregelmässiger in gewisse Sandstein- oder bituminöse Schieferthonschichten vertheilt. Die allgemeine Uebereinstimmung des Erzvorkommens und das ungefähr gleiche Alter der Gesteine in denen es sich findet, gab Veranlassung zu der Vermuthung, dieser Kupfergehalt sei das Product einer bestimmten geologischen Periode, in welcher vorzugsweise viel Kupfererze zur Ablagerung gelangt seien, ja man meinte sogar dass der Kupferschiefer Thüringens durch dasselbe kupferhaltige Meer einer bestimmten Periode abgelagert worden sein möge. Der Kupferschiefer ist aber nicht nur ganz anders zusammengesetzt, sondern er gehört auch entschieden einer etwas neueren Ablagerungszeit an. In ihm scheinen die Erze wirklich gleichzeitig mit den Schlammschichten gebildet zu sein, und in Folge davon sind sie weit gleichmässiger in ihm vertheilt.

Mit der Kupfererzimprägnation im Gouvernement Perm und in Böhmen stimmt dagegen die im Buntsandstein bei Twiste unweit Arolsen sehr überein; nur sind die Schichten, in denen sie enthalten ist, hier viel neuerer Entstehung, wodurch gerade recht deutlich wird, dass man es nicht mit dem gemeinsamen Resultat einer gleichzeitigen allgemeinen Kupfererzablagerung zu thun hat, sondern mit der nachträglichen localen Imprägnation gewisser Gesteinsschichten, deren Bildung, sowohl was die Erze als was die Gesteine betrifft, möglicher Weise sehr ungleichen Zeiträumen angehören kann.

Die Art des Vorkommens ist an allen diesen Orten eine ähnliche, und lässt sich füglich in eine natürliche Gruppe vereinigen. Es scheint sogar, dass das gediegene Kupfer am *lake superior* in den Vereinigten Staaten z. Th. in ähnlicher Weise vorkommt. Herr Hague sendete kürzlich eine Suite aus den Gruben der *Albany and Boston mining company* nach Freiberg, in welcher rothe Sandsteine und Conglomerate gediegenes Kupfer theils eingesprengt, theils beinahe als Bindemittel ent-

halten ist, während man früher in jener Gegend fast nur Gänge in gewissen eruptiven Gesteinen abbaute.

12. Spatheisensteinlagerstätten. Die Grauwackenschiefer der östlichen Alpen sind bekanntlich besonders reich au Spatheisensteineinlagerungen, die z. Th. eine ganz ausserordentliche Mächtigkeit erreichen. Aehnliche Lagerstätten reichen dort in die versteinerungsleeren, z. Th. schon metamorphischen Schiefer hinab, und andere treten in einem weit höheren geologischen Niveau, zwischen triasischen, oder selbst noch neueren Ablagerungen auf. Die häufige Unregelmässigkeit ihrer Form und ihre local oft sehr grosse Mächtigkeit veranlassten, sie theils für stockförmige Massen, theils für Spaltenausfüllungen zu halten. Ja sie wurden sogar einmal für eruptive, oder besser injective Gesteinsbildungen erklärt. Für das berühmteste und wohl auch mächtigste Vorkommen dieser Art, für das des Erzberges bei Eisenerz in Steiermark, und für einige benachbarte, hat v. Schouppe nachgewiesen, dass sie unregelmässige, aber offenbar gleichzeitige Einlagerungen in einem bestimmten Niveau der devonischen Grauwacke bilden. Hiernach sind es wahre Lagerstöcke oder Lager von unregelmässiger Ausdehnung, im Grossen oft annähernd linsenförmig gestaltet. Freiherr v. Andrian glaubte später für die Eisensteine des Erzberges ein höheres Niveau — im Werfner Schiefer — annehmen zu müssen, das würde aber die Art des Vorkommens nicht ändern. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der grössere Theil jener Spatheisensteinlagerstätten in den östlichen Alpen solche Lagerstöcke zwischen Ablagerungen etwas ungleichen Alters bildet, doch kommen in derselben Gegend auch entschiedene Spaltenausfüllungen — also Gänge, — desselben Materials vor, und es dürfte schwierig sein, beide Arten des Vorkommens scharf von einander zu trennen, ebenso schwierig aber auch eine gleichartige Entstehung derselben befriedigend zu erklären. Es fehlen hier noch genaue Untersuchungen. Eisenspath bildet in allen die Hauptmasse; dieser ist aber verbunden mit Ankerit, Dolomit, Kalkspath, Eisenglanz, Kiesen und einigen anderen Erzen, die nur ganz sporadisch und z. Th. viel-

leicht nur in Gängen auftreten. Jedenfalls bilden diese Lagerstätten in den östlichen Alpen eine zusammengehörige Gruppe, und dieser lassen sich mehr oder weniger einige analoge Vorkommnisse anderer Gegenden anreihen, so der sehr mächtige Spatheisenstein auf oder zwischen Thonschiefer bei Dobschau in Ungarn; die Spatheisensteinmassen der Mommel und des Stahlbergs im Zechstein am Südwestraud des Thüringer Waldes, die nach der Beschreibung von Danz äusserst unregelmässig eingelagert sind; der Spatheisenstein im Zechstein am Hüggel südlich von Osnabrück, und selbst die mächtigen Spatheisensteingänge im rheinischen Grauwackengebiet, deren Hauptrepräsentant am Stahlberg bei Müsehen abgebaut wird. Durch solche Gänge schliesst sich aber diese Gruppe an zahlreiche andere Erzgänge an, in denen ebenfalls Eisenspath mehr oder weniger vorherrschend die Hauptausfüllungsmasse bildet, während verschiedene andere Erze ihn begleiten; so z. B. im Grauwackengebiet des Voigtlandes.

Da der Eisenspath in der Nähe der Oberfläche sich oft in Brauneisenerz verwandelt hat, so versteht sich von selbst, dass die hier genannten Lagerstätten gewöhnlich auch viel Brauneisenerz enthalten. Andere mögen — soweit man sie kennt — schon ganz in Brauneisenstein umgewandelt sein, wie z. B. das mächtige Lager im Glimmerschiefer bei Arzberg unweit Wunsiedel, und die ganz ausserordentliche Anhäufung von reinem Brauneisenerz bei Gyalar unweit Hunyad in Siebenbürgen, welche in der That nur eine Fortsetzung der z. Th. noch aus Spatheisenstein (Flinz) bestehenden Eisensteinlager in demselben Glimmerschiefer von Ruszkiza im Banat zu sein scheint.

So wird man eben von einer Form und Masse zur andern geführt; die scharfen Grenzen der Gruppen verlieren sich um so mehr, je umfassender man sie untersucht.

Der Sphärosiderit ist bekanntlich nur ein dichter Zustand des Eisenspathes; es ist aber merkwürdig genug, dass dieser zur Sphärenbildung geneigte Zustand beinahe überall unter in gewissem Grade gleichen geologischen Verhältnissen gefunden wird, nämlich in Kohlenformationen oder zwischen

bituminösen Schiefern, ganz unabhängig von deren Alter. In solchen Ablagerungen fehlt er fast nirgends ganz, während er zwischen anderen Gesteinen kaum bekannt ist. Freilich ist er nicht in allen Kohlenformationen oder bituminösen Schiefern abbauwürdig vorhanden, aber einzelne Linsen, Schwielen oder Septarien desselben dürfte man nirgends gänzlich vermissen.

In der vorstehenden Gruppirung von Erzlagerstätten nach ihrem allgemeinen Verhalten konnte die Art der Metalle durch welche sie für die Praxis wichtig sind, nur theilweise Berücksichtigung finden, d. h. nur in den Fällen in welchen ein Metall an eine bestimmte Art des Vorkommens geknüpft ist. Sehr gewöhnlich treten aber Erze mehrerer nutzbarer Metalle in denselben Lagerstätten mit einander verbunden auf. Für den Bergmann hat es jedoch auch ein besonderes Interesse, sich klar zu machen, unter welchen verschiedenen Verhältnissen die einzelnen Metalle gefunden werden, und zwar in solchen Verbindungen und unter solchen Umständen, dass ihre Gewinnung vortheilhaft erscheint. Diese letztere Bedingung schliesst eine grosse Zahl von Vorkommnissen — besonders der billigen Metalle — aus, welche die Wissenschaft als solche ebenfalls nicht unberücksichtigt lassen dürfte. Ein Ueberblick in diesem bergmännischen Sinne, obwohl sehr unvollständig, ist dennoch auch für die Wissenschaft nicht ganz ohne Werth; ich will darum versuchen, für einige Metalle die Arten ihres Vorkommens möglichst kurz zu skizziren, wobei ich mich mehrfach nur auf die vorstehenden Gruppen zu beziehen brauche. Natürlich kann es hier nicht meine Absicht sein, den Gegenstand zu erschöpfen; nur Charakteristisches beabsichtige ich hervorzuheben.

1. Gold, findet sich gediegen, frei sichtbar, oder unsichtbar verschiedenen Schwefelmetallen beigemengt, durch deren Zersetzung dann zuweilen ein goldhaltiger Ocker entsteht. Nur mit Tellur ist es vererzt.

a) In Gängen welche krystallinische Schiefer, plutonische Eruptivgesteine, Thonschiefer, Quarzschiefer, Sandstein,

sehr selten auch Kalkstein durchsetzen. Die Gänge sind vorherrschend quarzig, enthalten aber auch verschiedene Kiese, Silber-, Blei-, Kupfer- und Antimonerze, sowie Karbonspäthe, Schwerspath und Flussspath. Sind sie in oberen Teufen stark zersetzt, so enthält dann oft ein poröser, zelliger oder drusiger Quarz goldhaltigen Ocker oder erkennbares Gold.

Eine besondere Gruppe bilden die Gänge in welchen das Gold mit Tellur verbunden ist. Vergl. S. 184.

Goldhaltige Gänge sind in grosser Zahl, aber mit sehr ungleichem Gehalt, bekannt an den Gebirgsrändern des ungarischen Beckens, in der Kette der Alpen, im Fichtelgebirge, im östlichen Thüringer Wald, im südlichen Böhmen, in den südöstlichen Pyrenäen, in Wales und Irland, bei Adelsfors in Schweden, ganz besonders aber im Ural. Von den aussereuropäischen Ländern in welchen goldhaltige Gänge abgebaut werden, erinnere ich hier nur an Süd- und Nord-Carolina, Californien, Mexico, Central-Amerika, Peru, Chile, Brasilien, Australien und Neu-Seeland.

b) In lagerförmigen Zonen, vielleicht Imprägnationen, am häufigsten zwischen quarzigen, talk- oder chloritreichen Schiefern. Salzburg, Kärnthen und Tirol, Süd-Carolina.

c) Als Imprägnation in Sandstein neben Gängen bei Vöröspatak in Siebenbürgen, und daselbst beinahe stockförmig in Adern eines Porphyrs.

d) In Seifenlagern ungemein häufig, meist sehr reines Gold.

2. Silber, in Verbindungen mit Schwefel, Antimon oder Arsen, oft auch gediegen und noch gewöhnlicher unsichtbar in Bleiglanz vertheilt, etwas seltener in Fahlerz, Blende, Kies oder dergleichen; auch wohl als Amalgam, als Chlor-, Brom-, Jod-, Selen- oder Tellurverbindung. Alle diese Silbererze finden sich vereint mit allerlei anderen Erzen, mit Quarz, Karbonspäthen, Schwerspath und Flussspath.

a) In Gängen welche krystallinische Schiefer, plutonische Eruptivgesteine oder sedimentäre Ablagerungen bis zu den

tertiären aufwärts durchsetzen. Beispiele liegen in grosser Zahl vor im Erzgebirge, in Böhmen und Schlesien, im Harz, im Lahngebiet, im Schwarzwald und den Vogesen, in den Alpen (nur wenige), in den Gebirgsrändern Ungarns und Siebenbürgens, in Griechenland, in Calabrien, in Central-Frankreich und der Bretagne, in den Pyrenäen (sparsam), im südlichen Spanien, in Wales, Derbyshire und Cumberland, und bei Kongsberg in Norwegen, während im Ural kaum eigentliche Silbererzgänge bekannt sind. Ich übergehe hier die aussereuropäischen Länder, in denen sich z. Th. den europäischen ganz analoge Silbererzgänge wiederholen.

b) In einem wirklichen Lager kennt man gewinnbares Silber bis jetzt wohl nur im Kupferschiefer; die sogenannten Lager von Kirlibabi in der Bukowina sind, wie ich gezeigt habe, Imprägnationen, und die silberhaltigen Erze von Goldlauter bei Suhl bilden linsenförmige Concretionen in einem dunklen Schiefer der Kohlenformation.

c) Stockförmig, d. h. unregelmässig gestaltet, treten die silberhaltigen Erze im Banat, bei Kuczaina in Serbien und bei Sinka in Siebenbürgen auf, wahrscheinlich auch bei Schwaz in Tirol und in einigen Gruben von Derbyshire und Cumberland. Vom Schlangenberg am Altai sagt man ebenfalls, dass die Erze einen grossen Stock bilden.

d) Imprägnationen finden sich häufig neben den Gängen. Seifenlager aus denen man Silber gewinnt, sind nicht bekannt, auch nicht wahrscheinlich.

3. Blei, am häufigsten als Schwefelverbindung (Bleiglanz), und dann in der Regel zugleich etwas silberhaltig und mit Zinkblende verbunden; oxydirt und mit verschiedenen Säuren verbunden besonders am Ausgehenden der Lagerstätten; sehr selten gediegen (Pajsberg in Schweden). Jene Erze finden sich zusammen mit denen verschiedener anderer Metalle, besonders Silber, Kupfer, Kobalt und Nickel, sowie mit denselben Mineralien welche charakteristische Begleiter der Silbererze

sind. In der Regel werden Blei und Silber aus denselben Lagerstätten gewonnen.

a) In Gängen wie die Silbererze.

b) In eigentlichen Lagern, gewinnbar kaum irgendwo.

c) Stockförmig oft mit Zinkerzen zusammen. Vergl. S. 187. Auch bei Sinka unweit Kronstadt in Siebenbürgen.

d) Bleiglanzkörner und Knoten im bunten Sandstein von Commern in Rheinpreussen und im Keupersandstein Frankens.

4. Zink als Galmei, d. h. kieselsaures oder kohlensaures Zinkoxyd, und als Blende mit Bleiglanz u. s. w., stockförmig in Kalkstein oder Dolomit verschiedener Formationen. Vergl. S. 187. Aber auch in vielen Erzgängen aus denen andere Metalle gewonnen werden. Ungewöhnlich erscheinen dagegen die Blendelager im Helleflinta (Felsitschiefer) bei Åmmeberg am Wettersee in Schweden (Stapff, Berg- und Hüttenm. Ztg. 1861 S. 252).

5. Kupfer, gediegen, als Schwefelkupfer oder oxydirt mit verschiedenen Säuren verbunden, zusammen mit anderen Erzen, mit Quarz, Karbonspäthen, Schwerspath und Flussspath.

a) In Gängen welche krystallinische Schiefer, plutonische Eruptivgesteine oder sedimentäre Ablagerungen bis zu den tertiären aufwärts durchsetzen. Sehr häufig.

b) Als Lager im Kupferschiefer fein vertheilt, im Zechstein Thüringens. Die Kupferkieslager oder Imprägnationen im Thonglimmerschiefer, Glimmerschiefer und Chloritschiefer s. S. 186. Das kupferkiesreiche Lager im Hornblendeschiefer von Pittkaranda in Finnland dürfte wohl jedenfalls zu den Imprägnationen zu rechnen sein.

c) Stockförmig, unregelmässig linsenförmige Kiesstöcke im Thonschiefer oder Glimmerschiefer. Vergl. S. 185.

d) Contactstöcke mit viel Kupfererzen an der Grenze von eruptiven Gesteinen, besonders gegen Kalksteine. Vergl. S. 183.

e) Unregelmässige Wülste und Adern von Fahlerz und Kupferkies mit Gyps verbunden, im Thonschiefer bei

Digitized by Google

Herrengrund in Ungarn, und unregelmässige Nester und Imprägnationen in zersetztem Eruptivgestein bei Parad in Ungarn.

f) Oxydirte Kupfererze, selten mit Schwefelkupfer, als Imprägnationen in Sandsteinen, Conglomeraten und Schieferthonen. Vergl. S. 192.

g) Knollen und Nester von gediegenem und oxydirtem Kupfer im Serpentin und dessen Begleitern, z. B. in Toskana. Davon abweichend, gediegenes Kupfer als Bindemittel und Ausscheidung in Sandstein-Conglomerat am *lake superior.*

5. Zinn, beinahe nur als Oxyd (Zinnstein), selten als Kies, in verschieden geformten Lagerstätten, die jedoch alle einer geologischen Gruppe von hohem Alter angehören. Nicht in Kalksteinen. Vergl. S. 168.

Ausserdem häufig in Seifenlagern, aus denen man es z. B. auf Banka, Billiton und Karimon bis jetzt noch allein gewinnt.

6. Kobalt und Nickel. Die Erze dieser Metalle kommen in der Regel zusammen vor, gewöhnlich noch mit Wismut, oft auch mit Silber-, Blei- und Kupfererzen, mit Quarz, Hornstein, Kalkspath, Eisenspath, Schwerspath und vielerlei anderen Mineralien.

a) Gänge in krystallinischen Schiefern, plutonischen Eruptivgesteinen und sedimentären Ablagerungen bis zu den tertiären aufwärts; häufig im Erzgebirge, Thüringer Wald, Schwarzwald, den Rheingebirgen, den Alpen, bei Dobschau in Ungarn u. s. w.

b) Imprägnationen in krystallinischen Schiefern bei Skutterut und Snarum in Norwegen (fast ohne Nickel).

c) Stockförmige Massen in körnigem Kalkstein, oder zwischen diesem und Gneiss, bei Tunaberg in Schweden, wo eine grosse Zahl verschiedenartiger Mineralien damit verbunden ist.

7. Quecksilber, am häufigsten als Zinnober, doch auch gediegen, als Amalgam oder als Chlorverbindung (Hornerz).

Digitized by Google

a) In Gängen welche krystallinische Schiefer, Thonschiefer, die Schichten der Steinkohlenformation und auch einige eruptive Gesteine durchsetzen, zusammen mit Fahlerz, Kiesen, Braunspath, Kalkspath, Schwerspath und Quarz. Bei Moschlandsberg in Rheinbayern, bei Almaden in Spanien, bei Szelana in Ungarn, im Tihuthal an der Nordgrenze Siebenbürgens, neuerlich auch in Californien bekannt.

b) Lagerförmig, aber wohl als Imprägnation mit wenig Mineralbeimengungen im bituminösen Schiefer der Geilthaler Schichten von Idria und St. Anna in Krain, Vallalta bei Agordo, im Talkschiefer von Ripa in Oberitalien, Spuren auch im Thonschiefer bei Hartenstein im Erzgebirge.

8. Eisen. Wir müssen die verschiedenen Erze für sich betrachten, doch kommen meist mehrere derselben zusammen vor.

a) Spatheisenstein, bildet Gänge, Lager und Lagerstöcke in Thonschiefer, Zechstein u. s. w. Vergl. S. 194.

b) Sphärosiderit und Thoneisenstein, bildet Lager oder der Schieferung parallele Linsen beinahe in allen Kohlenformationen und bituminösen Schiefern, Körner in einem eocänen Sandstein am Nordrand der Alpen.

c) Magneteisenstein, sehr oft mit etwas Eisenglanz, Chlorit, Amphibol, Granat, Quarz und vielerlei anderen Mineralien, bildet Lager, Gänge, stockförmige Massen und Imprägnationen in krystallinischen Schiefern, an den Grenzen von körnigem Kalkstein oder von basischen Eruptivgesteinen, z. B. im Thüringer Wald, Erzgebirge, Riesengebirge, Sudetengebirge, böhmisch-mährischen Grenzgebirge, Böhmerwald, in den südlichen Alpen, im Banat und in Serbien, in der Bukowina, im Ural, in Skandinavien u. s. w.

d) Chromeisenstein, kommt fast überall mit Serpentin oder Gabbro zusammen vor; eine kleine Beimengung von Chromeisenerz fehlt diesen Gesteinen wohl niemals, zu-

weilen aber bildet dasselbe darin Nester, Stöcke oder Spaltenausfüllungen die abgebaut werden können.

e) Eisenglanz bildet Gänge und Netzgänge in krystallinischen Schiefern und eruptiven Gesteinen, selbst in Laven, zuweilen mit Quarz, Lievrit u. s. w., z. B. auf der Insel Elba. Als Eisenglimmerschiefer Lager zwischen Chloritschiefer, Itakolumit oder körnigem Kalkstein, verbunden mit Quarz.

f) Rotheisenstein, dicht, erdig oder als fasriger Glaskopf, seltener oolithisch, oft mit Manganerzen, Quarz, Hornstein, Eisenkiesel oder Thon, seltener mit Karbonspäthen, Schwerspath und Flussspath, bildet Lager, Gänge und Contactstöcke, vorzugsweise in krystallinischen Schiefern, oder wenigstens in alten sedimentären Ablagerungen, oft an den Grenzen von körnigem Kalkstein, oder auch an den Grenzen plutonischer Eruptivgesteine, diese zugleich gangförmig durchsetzend. Im Erzgebirge scheint der Rotheisenstein vorzugsweise an Granit oder Quarzporphyr gebunden zu sein. Es erscheint unnöthig, für so häufige Erzlagerstätten Beispiele aufzuzählen.

g) Brauneisenstein, dicht, erdig oder als fasriger Glaskopf, mit denselben Begleitern wie Rotheisenstein, auch in denselben Lagerungsverhältnissen, aber bis in die neuesten Sedimentärformationen heraufreichend. Der begleitende Kalkstein ist eben so oft dichter als körniger, die Eruptivgesteine, an deren Grenzen Contactbildungen auftreten, sind auch vulkanische, wie Basalt. Zu diesen Arten des Vorkommens, welche der Brauneisenstein mit dem Rotheisenstein gemein hat, kommen aber noch die ganz neuen Ablagerungen von Eisenoxydhydrat als Ocker an Quellenmündungen, in sumpfigen Gegenden als Raseneisenstein; und in manchen Seen als sogenanntes Seeerz, sowie die Ausfüllungen von Löchern, Trichtern und allerlei Höhlungen von Kalkstein und Dolomit in der Nähe der Erdoberfläche. Beispiele erscheinen unnöthig.

Digitized by Google

h) Bohnerz, runde Körner welche entweder aus Eisenoxydhydrat oder aus kieselsaurem Eisenoxydul bestehen, füllen Vertiefungen, Spalten, Trichter oder wirkliche Höhlen in Kalkstein, besonders häufig in Kalkstein der Juraformation aus. Kandern in Baden, schwäbische Alp, Juragebirge, Thionville u. s. w.

9. Mangan als Wad, Manganit, Varvicit, Hausmannit, Braunit, Pyrolusit oder Polianit, oft mit Eisenerzen und deren gewöhnlichen Begleitern verbunden, bildet Lager, Gänge, Nester, Nieren, Stöcke, sogenannte Taschen, Contactstöcke und dergleichen in krystallinischen Schiefern und sedimentären Formationen, sehr oft mit Kalkstein oder Dolomit verbunden, sowie in und an plutonischen Eruptivgesteinen verschiedener Art. Auch in diesem Falle erscheint es unnöthig, für das gewöhnliche Vorkommen Beispiele zu nennen; von besonderem Interesse ist aber das von Pajsberg in Wermland (Schweden), wo Hausmannit, Magneteisenerz und Eisenglanz mächtige Einlagerungen und zugleich Imprägnationen in krystallinischem Dolomit bilden, der krystallinischen Schiefern eingelagert ist, und wo dieser zugleich ziemlich häufig Pyrochroit und gediegenes Blei enthält. Vergl. Igelström Berg- und Hüttenm. Zeitung 1866 S. 21.

Nachdem ich eine Reihe von Jahren mich ganz vorzugsweise dem Studium von Erzlagerstätten in Deutschland sowie in dem grossen Gebiet der Alpen und der Karpathen gewidmet, eine sehr grosse Zahl derselben untersucht und mit einander verglichen habe, mag es mir wohl auch verstattet sein, einige allgemeine Bemerkungen darüber auszusprechen, welche sich auf ihre Bildung, ihr Vorkommen und ihr Alter beziehen. Einen Theil dieser Bemerkungen habe ich bereits in der zweiten Auflage meiner Lehre von den Erzlagerstätten speciell zu begründen versucht, aber seitdem sind manche neue Beobachtungen hinzugekommen, welche einen weiteren Umblick erlauben. Was ich damals darüber zusammenstellte und im

Einzelnen begründete, das werde ich hier erweitert, aber in gedrängteren Umrissen vorlegen, indem ich mich dabei auf jenes Sammelwerk und auf meine seitdem erschienenen Abhandlungen über Erzlagerstätten in Ungarn und Siebenbürgen (1862), im Banat und in Serbien (1864), sowie in den Alpen und im Harz (Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1862, 1863 und 1864) beziehe.

Entstehung der Erzlagerstätten.

In allen Erzlagerstätten sehen wir locale Anhäufungen metallhaltiger Mineralien vor uns, deren Elemente ursprünglich jedenfalls weit gleichmässiger durch die Erdmasse vertheilt waren und z. Th. noch sind. Aus der allgemeinen Vertheilung ist aber eine vortheilhafte Gewinnung der Metalle unmöglich, und es ist daher durch sie der Begriff von Erzlagerstätten nicht erfüllt.

Das Eisen ist in solcher Vertheilung fast in allen Gesteinen längst bekannt, je mehr aber die Genauigkeit der chemischen Untersuchung vorschritt, um so mehr hat man auch Spuren anderer Metalle in verschiedenartigen Gesteinen aufgefunden.

Die locale Concentration metallhaltiger Substanzen ist unter allen Umständen eine Folge vorhergehender Lösung und Bewegung, und darauf folgender Krystallisation oder Ablagerung der Theile in irgend einem gegebenen Raume. Das Lösungsmittel scheint in den meisten Fällen Wasser, verbunden mit irgend einer Säure oder einem anderen, die Lösung vermittelnden Element gewesen zu sein; weit seltener Wärme, wodurch Schmelzung oder Verdampfung, und dann Erstarrung oder Sublimation eintrat.

Der Niederschlag aus der Lösung, die Ablagerung oder Krystallisation, erfolgte durch verschiedenartige Reactionen, wie Abkühlung, Verdunstung, Verlust eines Lösungsmittels durch den Eintritt in neue Verbindungen oder Formen, wobei noth-

Digitized by Google

wendig die Beschaffenheit und Zusammensetzung des umgebenden Gesteins von grosser Bedeutung war. Nur die sogenannten Seifenlager, als aus der mechanischen Zerstörung früher in anderer Form vorhandener Lagerstätten oder Gesteine hervorgegangen, machen hiervon eine Ausnahme, insofern ihre Entstehung das Resultat rein mechanischer Vorgänge ist.

Der Niederschlag aus den Lösungen erfolgte *a)* an der Erdoberfläche, z. B. durch Quellenabsätze, *b)* in Wasserbecken — die Lager, *c)* in Spalten — die Gänge, *d)* in unregelmässigen Hohlräumen — die Stöcke, *e)* innerhalb eines durchdringbaren Gesteins — die Imprägnationen. Es versteht sich von selbst, dass dieselbe Solution gleichzeitig verschiedenartige Räume erfüllen und in ihnen Niederschläge zurücklassen konnte, z. B. Querspalten, Schichtungsklüfte, unregelmässige Hohlräume und Gesteinsporen, dergestalt, dass Quergänge, Lagergänge, stockförmige Massen und Imprägnationen innig zusammengehören können, wie etwa bei den Bleierzlagerstätten in den Kärnthner Alpen und in Derbyshire. Wo solche Ablagerungen aus wässrigen Lösungen unter der Erdoberfläche, in der Tiefe — erfolgten, da können wir den Vorgang ganz passend einen hydroplutonischen nennen.

Allgemein lässt sich kaum mehr über die Bildung der Erzlagerstätten sagen. Das Specielle der Entstehuug variirt nicht nur für die verschiedenen Gruppen von Erzlagerstätten und für die verschiedenen Gesteine zwischen denen sie auftreten, sondern selbst für nahe verwandte metallische Anhäufungen, die unter etwas ungleichen Umständen gebildet wurden. Fast jeder besondere Fall erheischt deshalb eine besondere Erklärung, d. h. es dürften sich die Bedingungen der Auflösung, der Bewegung und des Niederschlages kaum jemals an zwei Orten ganz gleich wiederholt haben, und es sind darum auch kaum zwei Erzlagerstätten einander ganz gleich. Ihre Verschiedenheiten sind viel grösser als die der Gesteine, weil mehr Ursachen auf ihre besondere Beschaffenheit einwirkten. Ein und dieselbe Lagerstätte ist sogar sehr häufig das Product verschiedenartiger, uach einander eintretender Umstände; nicht

nur die bedingenden Solutionen haben sich geändert, vermehrt, vermindert oder wiederholt, sondern auch nach der ersten Entstehung sind sehr oft mannigfache Umbildungen, theilweise Auflösungen, Neubildungen oder Zersetzungen eingetreten, so dass man nun nicht den gesammten Zustand einer Lagerstätte durch einen einfachen Vorgang zu erklären vermag.

Auf solche Einzelheiten einzugehen, welche nur durch specielle Beispiele deutlich gemacht werden können, ist hier nicht meine Absicht; rücksichtlich der so besonders wichtigen gangförmigen Erzlagerstätten erlaube ich mir nur noch daran zu erinnern, dass sie eine vorhergehende Spaltenbildung voraussetzen, die besonders häufig in solchen Gegenden eingetreten zu sein scheint, in welchen während irgend einer Periode eruptive Gesteine empordrangen, — sei es nun dass deren Eruption unmittelbar mit Zerspaltung der benachbarten Erdkruste verbunden war, dass ihnen die Zerspaltung vorausging, oder in Folge von Abkühlung nachfolgte. Tief eindringende Spalten bedingen schon für sich allein neue Circulationswege für Wasser und schliessen neue Regionen seiner lösenden Eigenschaft auf, um so mehr aber, wenn das Wasser in der Tiefe der Spalten stark erwärmt wird, wie es in solchem Falle zu erwarten ist. Damit stimmt auch die Thatsache überein, dass vulkanische Gegenden, und selbst solche welche nur noch sogenannte erloschene Vulkane enthalten, besonders reich an warmen und mineralhaltigen Quellen zu sein pflegen. Wir dürfen vielleicht voraussetzen, dass unter diesen Gegenden der hydroplutonische Prozess der Erzgangbildung — unbeobachtbar — gegenwärtig besonders häufig stattfindet.

Vorkommen der Erzlagerstätten,

geographische und geologische Verbreitung derselben.

Unstreitig zeichnen sich gewisse Erdgegenden durch ihren besonderen Reichthum an Erzlagerstätten aus, während man in anderen nur sehr wenige oder gar keine kennt; aber aus

Digitized by Google

diesem Umstande, dass solche besondere mineralische Anhäufungen in einigen Gegenden viel häufiger erscheinen als in anderen, darf noch nicht ohne Weiteres geschlossen werden, dass bestimmte geographische Abtheilungen oder Regionen der festen Erdkruste metallreicher seien als andere. Dasselbe Quantum metallischer Elemente kann in ihnen vorhanden sein, — es ist aber vielleicht entweder nicht in nutzbare Lagerstätten concentrirt, weil für ihre Entstehung die günstigen Bedingungen mangelten; oder es sind solche Lagerstätten zwar gebildet worden, aber so stark von neueren Gesteinsbildungen überdeckt, dass man sie nicht aufzufinden vermag. Genug, es liegt kein ausreichender Grund für die Annahme vor, dass die Vertheilung der metallischen Substanzen an sich, und von Anfang an, in der Erdkruste eine geographisch sehr ungleiche sei.

Ganz besonders auffallend ist die für die Beobachtung ungleiche geographische Vertheilung der Zinnerze, die in gewissen Erdgegenden ungemein häufig gefunden werden, überhaupt aber in weit weniger Ländern als die der meisten anderen Metalle. Es scheint z. B., dass das Gold viel allgemeiner verbreitet ist als das Zinn, obwohl es wahrscheinlich an keinem Orte in solcher Menge gefunden wird, als dieses in einigen Gegenden. War aber auch das Zinn — wie die meisten übrigen Elemente — ursprünglich annähernd gleichmässig in der Erdmasse vertheilt, wie kommt es dann, dass es nur in verhältnissmässig wenig Gegenden in besonderen Lagerstätten angehäuft gefunden wird? Aehnliches gilt auch vom Quecksilber und vom Tellur. Diese auffallende Thatsache kann wohl nur darauf beruhen, dass zu der Anhäufung in solchen Lagerstätten eine Verbindung von ganz besonderen Umständen erforderlich war, die eben zufällig nur hie und da eintrat.

Wo einmal Erzlagerstätten irgend einer Art sich finden, da pflegen diese auch stets in grösserer Zahl und gewissermaassen gesellig aufzutreten, gewöhnlich sogar solche verschiedener Art in derselben Gegend, weil die Bedingungen für ihre Entstehung für ganze Regionen und Gruppen gemeinschaftliche waren. Diese Bedingungen sind aber augenscheinlich nicht

an irgend ein geographisches Gesetz gebunden oder von einem solchen abhängig. Weder die Polargegenden, noch die Aequatorialgegenden, noch irgend eine bestimmte geographische Zone ist vorzugsweise reich oder arm an Metallen überhaupt, oder an solchen irgend einer besonderen Art. Versucht man es, auf Erdkarten die Gegenden, welche sich durch Metallproduction überhaupt, oder durch die eines bestimmten Metalles auszeichnen, mit Farben darzustellen, so erhält man ein durchaus regelloses Bild, — etwa wie es die Vulkankarten oder die allgemeinen geologischen Uebersichtskarten darbieten, auf denen grössere Abtheilungen zusammengehöriger Gesteinsbildungen durch besondere Farben hervorgehoben sind. Es ergiebt sich daraus, dass die Erzlagerstätten, wie die eruptiven oder sedimentären Gesteine, zu den allgemeinen und unregelmässig vertheilten Bestandmassen der festen Erdkruste gehören.

Man hat allerdings zuweilen grosse Metallzonen unterscheiden zu können geglaubt, welche sich, beinahe geraden Linien folgend, in bestimmten Richtungen ausdehnen sollten. Bei näherer Betrachtung ergaben sich dieselben aber stets als sehr illusorisch; ganz abgesehen davon, dass ihre Theile nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehen, sondern die einzelnen Erzgebiete, die man einer grossen Zone angehörig glaubte, durch sehr bedeutende Lücken von einander getrennt sind, fehlt ihnen auch jede Abgrenzung nach der Breite; das heisst es finden sich neben jeder solchen idealen Zone immer wieder so viele vereinzelte Erzregionen, welche dasselbe Recht der Zugehörigkeit beanspruchen können, dass dadurch alles Zonenartige verloren geht; dieser Umstand tritt noch deutlicher hervor, wenn man ausser den bergmännisch wichtig gewordenen Lagerstätten auch diejenigen berücksichtigt, welche aus irgend einem Grunde nicht bearbeitet werden, während sie doch für die Wissenschaft eine gleiche Bedeutung haben. Wir müssen bedenken, dass die Bauwürdigkeit von Lagerstätten oft von mancherlei örtlichen Bedingungen abhängig ist, die von ihrer Natur an sich ganz unabhängig sind. Die Preise des Bodens, der Arbeitskraft, die Lage und Zugänglichkeit, der Mangel oder

Ueberfluss von Wasserkraft, ja selbst die Concurrenz bereits bestehender Werke üben einen Einfluss darauf aus. Aber selbst wenn man nur den gangbaren Bergbau auf Gold, Silber und Blei, oder eine ähnliche Gruppe von Metallen deren Erze oft zusammen vorkommen, berücksichtigt, so ergiebt sich, dass in Europa beinahe alle Gebirgsgegenden etwas davon enthalten, dass auch die reichsten nicht in einer bestimmten Zone liegen, und dass man mit hinreichender Phantasie eine grosse Zahl solcher Zonen construiren könnte, die aber alle wissenschaftlich wie praktisch werthlos sind.

Für einzelne Gegenden, d. h. in weit beschränkterer Ausdehnung, lassen sich dergleichen erzreiche Zonen wohl feststellen, die aber dann in der Regel an gewisse allgemeinere geologische Verhältnisse von zonenartiger Verbreitung geknüpft sind, wie z. B. die Contactlagerstätten im Banat und in Serbien. Für unser Erzgebirge mag es so scheinen, als fänden sich die silberhaltigen Gänge vorzugsweise in einer Zone, welche aus der Gegend von Scharfenberg bei Meissen über Freiberg, Marienberg und Annaberg nach Joachimsthal, also schräg über die Hauptaxe des Gebirges sich ausdehnt, ja man kann sich diese Zone allenfalls noch über Bleistadt nach Erbendorf in Bayern ausgedehnt denken; aber auch diese scheinbare Zone ist sehr lückenhaft, und dehnt sich hie und da so unbestimmt in die Breite aus, dass sie dadurch eigentlich allen Werth verliert; denn es finden sich ähnliche Gänge bei Schneeberg, Hohnstein, Katharinenberg, Dippoldiswalde, Glashütte u. s. w., die sich durchaus nicht in eine solche bestimmte Zone hineinbringen lassen. Auch hier scheint die Verbreitung besonderer Erzlagerstätten vorzugsweise an gewisse allgemeine geologische Verhältnisse, namentlich an Quarzporphyrdurchsetzungen geknüpft zu sein, die aber selbst weder in einer bestimmten Zone liegen, noch auch überall wo sie sich finden, von dergleichen Erzgängen begleitet sind. Aehnliche Resultate ergeben sich fast allenthalben wo man es versucht, ein bestimmtes Gesetz der Erzgangvertheilung nachzuweisen; es finden sich wohl einzelne Gangzüge von grosser Längenausdehnung

Digitized by Google

wie z. B. der von Holzappel in Nassau, aber keinerlei geographisches Gesetz für die Vertheilung der Erzgänge oder der Erzlagerstätten überhaupt. Dagegen lassen sich allerdings einige Beziehungen zwischen gewissen Arten oder Gruppen von Erzlagerstätten und dem übrigen geologischen Bau der einzelnen Gegenden erkennen, die wohl unsere Aufmerksamkeit und immer gründlichere Erforschung verdienen. Es möge mir gestattet sein, hier einige solcher Beispiele anzuführen.

1. Erzgänge überhaupt, und unabhängig von ihrer besonderen Metallführung, finden sich am häufigsten in solchen Gegenden, in welchen krystallinische Schiefer oder nicht allzu neue sedimentäre Ablagerungen von plutonischen Eruptivgesteinen durchsetzt sind, oft sogar in diesen letzteren. Sie fehlen dagegen selbst in Gebirgsgegenden fast gänzlich, wo alle Eruptivgesteine fehlen, so z. B. im Jura, in den Weserketten und in den nördlichen Karpathen. Wahrscheinlich findet also ein ursachlicher Zusammenhang zwischen dem Aufdringen oder Erstarren plutonischer Eruptivgesteine und der Spaltenbildung, sowie ihrer Ausfüllung durch gewisse metallhaltige Mineralien statt. Vergl. S. 206. In verschiedenen Erdgegenden scheinen aber verschiedene Eruptivgesteine, und in ungleichen Perioden, vorzugsweise die Bildung gewisser Erzgänge befördert zu haben; im Erzgebirge z. B. die Quarzporphyre in einer wahrscheinlich ziemlich frühen Periode, in Ungarn und Siebenbürgen dagegen gewisse tertiäre Grünsteine.

2. Zinnerzlagerstätten verschiedener Form finden sich fast nur in solchen Gegenden, in welchen krystallinische Schiefer oder sehr alte Sedimentärgebilde von Graniten, oder von ihnen zugehörigen Quarzporphyren durchsetzt sind. Sie finden sich aber keineswegs überall wo diese Bedingung erfüllt ist, es muss deshalb wohl noch irgend eine andere erforderlich sein, die wir nicht kennen. Wenn mit den Zinnerzlagerstätten zugleich sehr gewöhnlich greisenartige oder schörlhaltige Gesteine auftreten, so ist sehr leicht möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass diese Gesteine ihre besondere Beschaffenheit erst denselben Ursachen verdanken, durch welche die Zinnerzlagerstätten

gebildet wurden, so dass wir sie in diesem Falle nicht als Bedingungen, sondern als Folgen der Zinnerzbildung anzusehen haben. Trotzdem bleiben sie für den Bergmann beachtenswerthe Verräther.

3. Goldhaltige Lagerstätten sind meist sehr quarzreich, und finden sich am häufigsten in quarz- oder chloritreichen Gesteinen, kaum irgendwo noch goldhaltig zwischen Kalkstein. Aber auch in diesem Falle lässt sich der Satz nicht umkehren, d. h. quarz- oder chloritreiche Gesteine sind keineswegs überall goldhaltig. Wenn Sir R. Murchison die Anwesenheit von Gold in Australien 1844 vorhergesagt hat, ohne zu wissen dass 1839 bereits Spuren davon aufgefunden worden waren, so beruht das glänzende Eintreffen dieser, auf eine Aehnlichkeit gewisser australischer Gesteine mit solchen vom Ural gegründeten Vorhersagung, doch wesentlich auf einem glücklichen Zufall, denn dieselben Gesteine sind anderwärts durchaus nicht goldreich, und Australien ist ein so grosses Land, dass man nach den bisherigen Erfahrungen über die Goldverbreitung, ohne einen Stein von da gesehen zu haben, mit grosser Zuversicht behaupten könnte, es müsse in diesem Erdtheil auch Gold vorkommen. Irrig war auch die eine Zeit lang bestehende Ansicht, dass meridiane Gebirge goldreicher seien als andere.

4. Galmei- und Bleierzlagerstätten von verschiedener Form, besonders aber unregelmässige, finden sich vorzugsweise in Kalksteinen und Dolomiten, ganz unabhängig von deren geologischem Alter. Sind sie in ihnen einmal vorhanden — was keineswegs überall der Fall ist — dann ist in der Regel ein ziemlich grosses Gebiet reich daran, wahrscheinlich weil die metallhaltigen Solutionen, wo ihre Bildung überhaupt stattfand, nicht einen beschränkten localen Ursprung hatten, und in ein ausgedehntes Gebiet überall eindrangen wo sich Gelegenheit dazu darbot.

5. Gewisse unregelmässige Lagerstätten — sogenannte Contactstöcke — von verschiedenartigem Metallgehalt, finden sich am häufigsten an den Grenzen plutonischer Eruptivgesteine gegen Kalksteine.

6. Kupferhaltige Kiesstöcke, sowie dergleichen Lager und Imprägnationen finden sich am häufigsten in Thonschiefer, Glimmerschiefer und Chloritschiefer.

7. Eisenerze verschiedener Art finden sich vorzugsweise häufig an den Grenzen von Kalkstein gegen andere Gesteine.

8. Sphärosideritlager oder Linsen finden sich beinahe nur zwischen kohlenhaltigen oder bituminösen Schichten.

9. Bohnerz- und Nierenerzanhäufungen finden sich fast nur in Höhlen, Spalten oder oberflächlichen Vertiefungen von Kalkstein oder Dolomit; bis jetzt sind sie am häufigsten in solchen Gesteinen der Juraformation bekannt.

10. Chromeisenerz findet sich in der Regel verbunden mit Serpentin oder Gabbro, die natürlich auch andere Erze enthalten können, ziemlich oft z. B. Kupfererze.

Es kam mir nur darauf an, einige solche Erfahrungssätze hier als Beispiele zusammenzustellen; ich könnte dieselben leicht um einige vermehren, würde dann aber minder wohlbegründete aufnehmen müssen.

Nicht nur die Lagerstätten in ihrer Totalität zeigen solche Beziehungen zum geologischen Bau der Gegenden, sondern auch die Vertheilung der Erze in denselben lässt dergleichen erkennen, und das ist offenbar für den Bergmann noch weit wichtiger. Erst seit zwei Jahrzehnten etwa ist dieser Theil der Lehre von den Erzlagerstätten, besonders auf Anregung des Frh. v. Beust, mit einiger Aufmerksamkeit bearbeitet worden, aber noch weit davon entfernt zu einem befriedigenden Abschluss gelangt zu sein. Indessen steht doch bereits so viel fest, dass in vielen Gegenden die Erzgänge beim Durchsetzen ungleicher Gesteine oder älterer Erzlagerstätten sich rücksichtlich ihrer Erzführung ungleich verhalten, ohne dass sich bis jetzt schon bestimmte Ursachen für die veredelnde oder verunedelnde Einwirkung des Nebengesteins angeben lassen. Aus diesem Grunde kann man auch noch keine allgemeinen praktischen Regeln auf die bisherigen Erfahrungen gründen, sondern blos locale. Nur die eine Erfahrung scheint sich überall zu bestätigen, dass im Nebengestein vorher vor-

Digitized by Google

handene Erzführung stets günstig, d. h. local veredelnd auf die dasselbe durchsetzenden Gänge eingewirkt hat. Es giebt sich das am deutlichsten bei der Durchsetzung älterer erzführender Gänge, also auf Gangkreuzen, zu erkennen; aber auch bei der Durchsetzung der sogenannten Fallbänder zu Kongsberg oder des Kupferschiefers in Thüringen hat man gleiche Erfahrungen gemacht.

Uebrigens ist die Erzvertheilung in den Gängen offenbar auch noch von anderen Umständen abhängig, z. B. von dem Niveau (der Teufe), von der localen Spaltenweite u. s. w.

Alter der Erzlagerstätten.

Bei wirklichen Lagern ist es natürlich leicht, ihr relatives Alter zu bestimmen; sie gehören den Schichten zu, zwischen denen sie liegen. Für alle die anderen Formen von Erzlagerstätten ist es dagegen oft sehr schwierig, Beziehungen zu erkennen, aus denen sich ihr geologisches Alter, d. h. die Periode ihrer Entstehung bestimmen lässt. So viel ist jedoch sicher, dass Erzlagerstätten überhaupt sehr verschiedenen Bildungsperioden angehören; dass man aus ihrer mineralogischen Zusammensetzung gar nicht auf ihr Alter schliessen kann; dass in verschiedenen Gegenden oft unter sich sehr ähnliche Lagerstätten in ganz ungleichen Perioden entstanden sind, und dagegen in gleichen Perioden sehr verschiedene, oder umgekehrt. Es findet somit auch bei den Erzlagerstätten, wie bei den Gesteinen, keine constante Verschiedenheit nach dem Alter und keine Uebereinstimmung der gleichzeitigen Bildungen statt, am wenigsten aber hat sich die Fabel der Metallzeitalter bewährt, nach welcher einzelne Metalle vorzugsweise in bestimmten Perioden zur Ablagerung gelangt sein sollten.

Wenn dennoch — im scheinbaren Widerspruch hiermit — die Zinnerzlagerstätten durchschnittlich am ältesten, gewisse vielartig zusammengesetzte mit Gold-, Silber-, Blei-, Kupfer-, Kobalt- und Nickelerzen oft von mittlerem Alter, und manche

Eisenerzlagerstätten als die jüngsten gefunden werden, so ist das eben nur ein scheinbarer Altersunterschied, der wie bei den eruptiven Gesteinen wahrscheinlich darauf beruht, dass diejenigen Bildungen welche an der Erdoberfläche stattfinden, unmittelbar nach ihrer Entstehung auch beobachtbar sind, während die im Erdinnern erfolgenden um so mehr Zeit zu ihrer Freilegung bedurften, je tiefer das Niveau ihrer Entstehungsbedingungen unter der Oberfläche lag. Die Bildung der Zinnerze und ihrer Begleiter scheint das tiefste Niveau zu beanspruchen, und sie finden sich deshalb in der Regel mit granitischen Gesteinen verbunden; für die Entstehung der vielartig gemischten Classe von Erzlagerstätten war eine weniger starke Bedeckung erforderlich, und gewisse Eisenerze können sich unmittelbar an der Erdoberfläche ablagern. Um jene durch Hebung und Abschwemmung frei zu legen, war somit durchschnittlich die meiste Zeit erforderlich, und sie erscheinen wo man sie beobachtet am ältesten; etwas weniger Zeit war für die zweite Classe nötbig, für die Eisenerze aber zuweilen gar keine. An die Stelle wirklicher Altersunterschiede treten demnach nicht scharf begrenzte Niveauunterschiede der Entstehung, und diese werden sich wohl durch fortgesetzte Beobachtungen immer deutlicher herausstellen, wenn auch nicht zu erwarten ist, dass sich jemals scharfe Niveaugrenzen bestimmen liessen, wie denn auch die ganze Eintheilung in drei Niveauclassen von Erzlagerstätten keineswegs eine scharf abgrenzbare ist. Dieselben verlaufen vielmehr durch Zwischenstufen in einander; es hat offenbar nicht das Niveau allein auf die Ablagerung ungleicher Substanzen eingewirkt, sondern noch mancherlei andere Bedingungen sind dabei modificirend thätig gewesen.

Von selbst versteht es sich, dass nicht nur unterirdische Bildungen durch locale Hebung und Abschwemmung freigelegt werden konnten, sondern dass auch an der Oberfläche oder in deren Nähe entstandene Ablagerungen durch Senkung und Ueberlagerung in ein tieferes Niveau hinabgerückt werden konnten. In diesem Falle sind dieselben dann in der Regel mehr oder weniger verändert worden, so dass, wo sie nach-

träglich aufs Neue an die Oberfläche gelangten, sie nicht mehr genau den ursprünglichen Oberflächenbildungen entsprechen. Es erscheint das besonders bei manchen Eisenerzen sehr auffallend, und gleicht in gewissem Grade den Umwandlungen der gewöhnlichen sedimentären Gesteine durch starke Bedeckung. Dass solche Niveauschwankungen zu verschiedenen Zeiten fast alle Erdgegenden betroffen haben ist ja eine feststehende Thatsache.

Alle diese Erfahrungen, Regeln, Theorien und Hypothesen sind nicht der Art, dass sie schon jetzt dem Bergbau als eine sichere Grundlage dienen könnten, aber sie haben doch einen sehr wesentlichen Fortschritt angebahnt, und sie sind auch bereits geeignet, bei bergmännischem Betriebe das Wahrscheinlichere vom Unwahrscheinlicheren zu unterscheiden, vor allzu sicheren Voraussetzungen oder Hoffnungen und darauf begründeten gewagten Unternehmungen zu warnen, überhaupt aber dem Grubenbetrieb wissenschaftlich wahrscheinliche, also rationelle Ziele zu stecken, was immerhin besser sein wird als ein blosses Arbeiten auf gut Glück.

VI.

UEBER

DAS ENTWICKELUNGSGESETZ DER ERDE.

Die stete Kreuzung der Einzelwirkungen und die Summirung ihrer Resultate bedingt die Mannigfaltigkeit des Endresultates. Daraus ergiebt sich das allgemeine Gesetz:

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen ist eine nothwendige Folge der Summirung von Resultaten aller Einzelvorgänge, die nach einander eingetreten sind, oder kürzer: die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen ist Folge der Einzelvorgänge. Je länger dieser Summirungsprozess dauerte, je mehr Einzelresultate er nach einander anhäufte, um so grösser ward sein Erfolg; wir haben somit im gegenwärtigen Zustand der Erde das für jetzt mannigfaltigste Endresultat vor uns, welches aber natürlich nicht einen wirklichen, sondern nur einen augenblicklichen Abschluss darstellt.

Die Sache ist so einfach, dass sie kaum einer weiteren Erläuterung bedarf. Wenn zum Einen das Andere kommt, dann zu Beiden ein Drittes und so fort, so wird dadurch unzweifelhaft entweder die Zahl der Dinge oder der Theile, Glieder, Gestaltungen eines Dinges vermehrt, und die Mannigfaltigkeit dieses einen Dinges wird durch stete Zunahme der

Gestaltungen grösser. Dieses eine Ding ist in unserem Falle die Erde, die sich stets verändert hat, im Wesentlichen ohne Zutritt neuer Substanz, denn den materiellen Zufluss durch Meteoriten können wir als ganz unwesentlich ansehen.

Man wende nicht ein, die Resultate früherer Vorgänge könnten durch neuere zerstört worden sein, denn Etwas bleibt stets davon übrig, und wenn es auch nur in einer neuen räumlichen Gruppirung der materiellen Theile besteht. Jeder neue Lavastrom ändert z. B. etwas den Zustand eines vorhandenen Vulkanes; mag derselbe als Lavastrom auch zerstört werden, seine Theile gelangen dann doch sicher irgendwo wieder zur Ablagerung.

Zu den vorhandenen Aenderungen kamen stets neue, und diese wirkten wieder auf zukünftige; das gilt für den unorganischen wie für den organischen Theil der Erde, bis in die höchsten geistigen Sphären, und es lässt sich diese Zunahme der Mannigfaltigkeit einigermaassen der Geschwindigkeitszunahme des frei fallenden Körpers vergleichen.

Dieses Gesetz ist keine Hypothese, sondern eine logische Nothwendigkeit, nur seine Anwendung auf die Geschichte der Erde wird hypothetisch in so weit diese selbst es ist. Für sicher nachgewiesene Einzelvorgänge ist auch seine Anwendung unzweifelhaft, aber die vollständige Durchführung im Einzelnen ist kaum möglich, weil uns noch so viele Thatsachen in ihrer Aufeinanderfolge unbekannt, oder wenigstens zu unvollständig bekannt sind; dagegen ist es, wie wir sehen werden, leicht, unser Gesetz auf den Erdentwickelungsprozess im Allgemeinen anzuwenden und diesen dadurch zu erklären, wodurch dann zugleich die Abkühlungshypothese sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Grundbedingung für alle Vorgänge der Erdgestaltung ist stete Bewegung, oder Aenderung der Lage der Theile; die eigentliche Ursache derselben kennen wir zwar nicht, aber wir kennen die Gesetze der Gravitation, der Wärme und Lichtwirkung und der chemischen Stoffverwandtschaft, sowie die

Erscheinungen des organischen und geistigen Lebens, und können dieselben auf jene Vorgänge anwenden.

Geologische Forschungen führen uns mit Wahrscheinlichkeit nur bis zu einem einst heissflüssigen Zustande der festen Erdmasse zurück. Den einst heissflüssigen Zustand der Erde schliessen wir aus dem Ueberrest der Erdwärme, welcher sich durch Temperaturzunahme mit der Tiefe und durch die vulkanische Thätigkeit zu erkennen giebt; aus der beobachteten Reihenfolge der fossilen Organismen, welche für frühere Perioden eine grössere Erdwärme andeutet, und aus der allgemeinen Gestalt des Erdkörpers, welche einem Rotationssphäroid entspricht, — ganz übereinstimmend mit der Form welche eine flüssige Kugel von der Grösse und Dichtigkeit der Erde nothwendig annehmen musste, wenn sie sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Erde um ihre Axe bewegte. Es mag zugegeben werden, dass der einst heissflüssige Zustand dadurch noch nicht als sicher erwiesen anzusehen sei, da keiner der angeführten Gründe für sich allein ein zwingender, jede andere Deutung ausschliessender ist. Die Uebereinstimmung so vieler Thatsachen ist es, welche am meisten wiegt, und die Annahme eines solchen Zustandes entspricht jedenfalls am besten dem gegenwärtigen Standpunkte aller Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Geologie. Aus ihr lässt sich durch allmälige Abkühlung am einfachsten das vorliegende Resultat herleiten. Es ist übrigens diese berechtigte Annahme nicht die Grundlage der Geologie, sondern im Gegentheil ein Resultat derselben. Unsere Wissenschaft ist nicht darauf erbaut, sondern sie hat von selbst damit vorläufig eine Art Abschluss gefunden.

Nehmen wir diese Voraussetzung für richtig an, so ergiebt sich daraus nothwendig eine seculäre Abnahme der Temperatur des Erdkörpers für die gesammte geologische Zeit, die wiederum vielfach bestätigt wird durch den Bau der Erdkruste und die Vertheilung der organischen Reste in derselben. Diese Abkühlung, welche für uns die Hauptursache aller geologischen Aenderungen ist, lässt uns aber noch weiter zurückschliessen in Zeiträume, die dem heissflüssigen Zustande vorausgingen.

Digitized by Google

Auch dieser Zustand erscheint dann nur als eine Folge der Abkühlung eines Gasballes, was wiederum mit gewissen Resultaten astronomischer Forschung und Speculation trefflich harmonirt.

Optische Untersuchungen über die Sonne machen es wahrscheinlich, dass ihre Masse sich gegenwärtig grösstentheils noch im gasförmigen Zustande befindet, der nach Faye's Hypothese einst theilweise in den heissflüssigen, und dann in den festen übergehen wird.

Die Erde ist an der von uns bewohnten Oberfläche bereits fest, aber von einer Wasser- und Lufthülle umgeben, und im Inneren wahrscheinlich flüssig. Der Mond scheint nur noch aus fester Substanz zu bestehen. Da finden wir also in unserem Sonnensystem drei verschiedene Zustände von Himmelskörpern, je nach deren Grösse geordnet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Körper, als besondere Concretionen einer Weltinsel, wesentlich aus denselben Stoffen bestehen, und dass sie zu einer gewissen Zeit bei gleich hoher Temperatur sich alle durchaus im gasförmigen Zustande befanden. Unter gleichen Abkühlungsbedingungen durch Wärmeausstrahlung in den Weltraum musste der flüssige und feste Zustand um so früher eintreten, je geringer das Volumen der localen Anhäufung war, also beim Mond zuerst, bei der Sonne zuletzt. Ihr jetzt ungleicher Zustand entspricht demnach ihrer ungleichen Grösse, und sie stellen wesentlich nur drei verschiedene Abkühlungs- oder Entwickelungsstadien der Stoffanhäufung dar. Das Verhalten der Meteoriten und Kometen zu dieser Theorie ist noch einigermaassen problematisch. Daubrée glaubt dass die ersteren als feste Körper den Raum durchschwärmen; nach den neuesten Entdeckungen Schiaparelli's und Oppolzer's bilden sie sich aus höchst vertheilter Kometensubstanz. Vergl. Abschnitt IX.

Die veränderlichen Fixsterne, deren Lichtstärke zuweilen auffallend schnell wechselt, lassen sich dagegen nach Faye's neuester Arbeit darüber (Comptes rendus t. 63 p. 229), durch die Abkühlungstheorie sehr gut erklären.

Faye nimmt als dem gasförmigen Zustande vorausgehend noch einen dissoluten an, und als Ursache der localen Stoff- und Wärmeanhäufung im Raum betrachtet er — wie Andere — die Ballung der Materie durch Gravitation, wobei immense Bewegung in Wärme umgesetzt wurde. Die Weltbildungsvorgänge noch weiter zurück verfolgend, würden wir vor der Ballung der Materie im Sonnensystem noch eine Ballung derselben aus dem Weltraume in den des Sonnensystemes anzunehmen haben; auch das würde nicht der erste Anfang der Dinge, nnd noch weniger eine Erklärung desselben sein, sondern nur ein äusserstes Resultat kühner Schlüsse aus der Gegenwart in die Vergangenheit, — ein Hypothesengebäude für welches strenge Beweise fehlen, welches aber mit keinem bekannten Naturgesetz in Widerspruch steht, und aus dem sich der gegenwärtige Zustand der Erde im Allgemeinen ableiten lässt. Derselbe erscheint nämlich als eine Nothwendigkeit der Summirung aller Einzelwirkungen oder vielmehr ihrer Resultate, sobald wir eine immense Anfangstemperatur des geballten Stoffes unter der Herrschaft der Gravitation, der chemischen Verwandtschaft u. s. w., und eine stete Abkühlung durch Wärmeausstrahlung annehmen dürfen.

Da die Entwickelungsreihe der Materie für uns eine absolut nnendliche ist, so bleibt es unmöglich, einen wirklichen Anfang der Dinge zu erkennen, oder auch nur zu denken. Wir müssen irgendwo willkürlich in die unendliche Reihe der Vorgänge eintreten, um sie von da an bis heute zu verfolgen. Beschränken wir uns auf die Erde, und wählen wir als Ausgangspunkt der weiteren Entwickelung ihre früheste Individualisirung als Weltkörper im gasförmigen Zustande.

Erstes Stadium.

Alle Stoffe sind gasförmig bei einer gewissen Temperatur, wenn auch der Wärmegrad bei welchem dieser Zustand eintritt, weder für alle gleich, noch bestimmbar ist. Der gasförmige Zustand verhindert — oder ändert wenigstens — die chemische Verwandtschaft der Elemente, im Vergleich zum

flüssigen oder festen. War nun die gesammte Erdmasse einst im gasförmigen Zustande, so werden, durch allmälige Abnahme ihrer Wärme, für einzelne Elemente derselben nach und nach neue Zustände, Verbindungen und Gestaltungen eingetreten sein.

Zweites Stadinm.

Wärmeabnahme bedingte zunächst die Aenderung des Aggregatzustandes eines Theiles der Stoffe. Damit trat die erste Differenzirung ein, wahrscheinlich nicht nur rücksichtlich des Aggregatzustandes, sondern auch rücksichtlich der Substanz, der chemischen Verbindungen, — d. h. wir müssen erwarten, dass es vorzugsweise gewisse Elemente oder Verbindungen derselben waren, welche zuerst in den flüssigen Zustand übertraten, während andere noch im gasförmigen verblieben. Wir haben nun also schon zweierlei Zustände und mindestens zweierlei Substanzen, statt der vorher einförmigen Gasanhäufung.

Die Gravitation wirkte ebenso constant als die Abkühlung; ob schon im Gasball die ungleichen Elemente sich einigermaassen nach der specifischen Schwere geordnet haben, mag hier unentschieden bleiben. Da aber alle Körper im flüssigen Zustande schwerer sind als im gasförmigen, so folgt von selbst, dass die zuerst flüssig gewordenen sich unmittelbar um das Gravitations-Centrum anhäufen mussten, während die gasförmigen diesen flüssigen Kern umhüllten. Durch fortschreitende Abkühlung musste der flüssige Kern auf Kosten der Gashülle grösser werden.

Hiermit sind wir also in das zweite Stadium der Erdentwickelung eingetreten. Welche neue Trennungen und Verbindungen in dem flüssigen Kern nach Maassgabe des nngleichen specifischen Gewichtes und der chemischen Verwandtschaft eingetreten sein können, lassen wir hier wieder unbeachtet, obwohl auch dadurch die Mannigfaltigkeit der Zustände dauernd vermehrt worden sein dürfte.

Digitized by Google

Drittes Stadium.

Da die Abkühlung stetig vorschritt, so traten nicht nur neue Substanzen aus der Gashülle zum flüssigen Kern über, sondern der letztere musste auch eine Temperatur erreichen, in welcher er begann von der Oberfläche aus zu erstarren. Wie sich auf Wasser eine Eisdecke bildet, so entstand, nur bei weit höherer Temperatur, auf der flüssigen Erde eine feste Gesteinskruste. Bei völliger Ruhe würde sie sehr einförmig und gleichmässig ausgefallen sein; es waren aber von Anfang an mehrere Ursachen vorhanden, welche eine solche Ruhe und Einförmigkeit verhinderten. Als die entschiedensten sind anzusehen: die veränderlichen Anziehungsrichtungen von Mond und Sonne, die noch jetzt Ebbe und Fluth bedingen. In solchen Bewegungen oder Störungen des Gleichgewichtes erblicken wir die ersten Ursachen von Berstungen der sich bildenden festen Erstarrungskruste, und vom Eindrängen der flüssigen Innenmasse in Zerspaltungen dieser Kruste — also die ersten Ursachen von eruptiver Gesteinsbildung.

Damit ist zu den vorhandenen zwei Aggregatzuständen als dritter auch der feste hinzugekommen, und zwar sehr bald unter doppelten Bildungsbedingungen: als Krustenerstarrung zwischen flüssig und gasförmig, und als Massenerstarrung zwischen festen Wänden, über dem flüssigen Kern und unter einer gasförmigen Decke. Wir können dies als ein drittes Stadium der Erdentwickelung durch Abkühlung bezeichnen, in welchem nun — und von da an dauernd bis jetzt — alle drei uns bekannten Aggregatzustände neben einander existirten, ohne dass sich freilich für jeden Grundstoff einzeln sein damaliger Zustand nachweisen lässt. Jedenfalls war dies wieder ein sehr bedeutender Fortschritt in der Mannigfaltigkeit, zumal bei der ersten Erstarrung sicher auch sogleich die chemische Verschiedenheit der Stoffe ungleiche Mineralverbindungen veranlasste.

Das Aufdringen und die Erstarrung eruptiver Massen ist seitdem, wenn auch mit Modificationen, ein stets sich wieder-

holender Vorgang geblieben, und seine Resultate haben sich fortwährend summirt, d. h. zu den vorhandenen Eruptivgesteinen und Spaltungen, Hebungen, Senkungen oder Aufschüttungen, sind stets neue, etwas andere hinzugekommen. Die wichtigste Modification welche die Verdickung der festen Kruste nach und nach in diesem Vorgang bewirkte, bestand in dem immer deutlicher hervortretenden Unterschied zwischen vulkanischer und plutonischer Erstarrung; der Unterschied zwischen schnellerer Erstarrung nahe der Oberfläche und langsamerer in grosser Tiefe musste immer bedeutender werden, zumal wenn auch die Atmosphäre durch Abgabe von Stoffen nach und nach an Ausdehnung und Dichte verloren haben sollte, wie es wahrscheinlich ist. Dieser Umstand mag es zugleich erklären, dass wir unter den sehr alten Eruptivgesteinen noch keines von echt vulkanischem Charakter kennen.

Wir sind mit diesem dritten Stadium der Erdentwickelung in das specielle Gebiet der geologischen Untersuchung eingetreten, insofern diese vorzugsweise nur den festen Theil der Erde zum Gegenstand wählt. Die Geologie lehrt uns, dass eruptive Gesteine zu allen Zeiten entstanden, und dass sich sehr weit zurück auch schon einiger Unterschied zwischen vulkanischen nnd plutonischen Gesteinen machen lässt, der aber wahrscheinlich mit der Verdickung der starren Kruste und der Verdünnung der Atmosphäre zugenommen hat, und jetzt daher grösser ist als in irgend einer früheren Periode. Sie lehrt uns aber auch, dass diese eruptiven Gesteine, beinah unabhängig von der Zeit ihrer Erstarrung, mineralogisch und chemisch etwas verschieden zusammengesetzt sind, so dass man mehr als 50 Arten und Varietäten zu trennen pflegt.

Die Ausbildung ungleicher Mineralien und ungleicher Textur in den eruptiven Gesteinen von fast gleicher chemischer Zusammensetzung, lässt sich grösstentheils durch ungleiche Erstarrungsumstände erklären, und je verschiedenartiger diese im Laufe der Zeit geworden sind, um so verschiedenartigere Resultate sind daraus hervorgegangen; es ist deshalb die Mannigfaltigkeit der Gesteinsbeschaffenheit grösser geworden. Ob

die Abkühlung langsam oder schnell, unter grossem oder geringem Drucke, im ruhigen oder bewegten Zustande, unter Einwirkung von Wasser, oder nicht, stattfand, — das Alles hat nothwendig auf den Zustand der eruptiven Gesteine eingewirkt.

Die sehr auffallende Verschiedenheit ihrer chemischen Zusammensetzung, welche ihren deutlichsten Ausdruck in der Grösse des Kieselsäuregehaltes findet, und als Extreme die Basite und Acidite unterscheiden lässt, ist dagegen bis jetzt noch gar nicht befriedigend erklärt. Das ungleiche specifische Gewicht dieser Verbindungen würde nur dann zur Erklärung dienen, wenn sich nachweisen liesse, dass die leichteren Acidite stets die älteren, die schwereren Basite dagegen stets die neueren, aus grösserer Tiefe abstammenden wären; es ist dies aber nicht der Fall, vielmehr sind beide ganz unabhängig von der Zeit, in den verschiedensten geologischen Perioden emporgedrungen.

Allerdings ist es sehr wahrscheinlich, dass in Folge der steten Aenderung allgemeiner Bedingungen — wie Krustendicke, Atmosphärendruck, Oberflächentemperatur u. s. w. — der allgemeine Habitus der eruptiven Gesteinsmassen sich mit der Zeit etwas geändert, und jedenfalls vermannigfaltigt hat, aber diese Unterschiede des Alters sind noch nicht bekannt, d. h. die Gesteinsverschiedenheiten die man bis jetzt kennt, lassen sich noch nicht auf Ungleichheiten der Bildungszeit zurückführen; man kann den Gesteinen an sich ihr Alter nicht ansehen, was theilweise wohl durch die mancherlei Aenderungen erschwert sein mag, welche fast alle Gesteine nach ihrer ersten Entstehung erlitten haben, und die deshalb allerdings durchschnittlich deren Alter entsprechen. Wäre es möglich die Resultate aller dieser Umwandlungen — deren Grad eben so gut durch die Energie als durch die Dauer der Einwirkung bedingt sein kann — scharf zu isoliren, und den ursprünglichen Zustand aller Gesteinsmassen sicher zu erkennen, dann würde sich vielleicht eine deutliche Altersreihe der eruptiven Gesteine nach ihrem Habitus herausstellen, wie sie an und für sich

wahrscheinlich, aber bis jetzt noch nicht nachgewiesen ist. Der Mangel vortertiärer Basalte und Trachyte spricht wenigstens für eine Zunahme der Entstehungsbedingungen, wenn man auch noch keine entsprechende Abnahme derselben erkannt hat, d. h. noch keine Gesteinsarten von denen sich sicher behaupten liesse: sie können, so wie die ausgestorbenen organischen Species, jetzt nicht mehr entstehen.

Viertes Stadium.

Wir haben die Abkühlung der Erde bisher nur bis zur Erstarrung von Gesteinen verfolgt. Das Verhalten der Elemente in verschiedener Temperatur ist aber ein sehr ungleiches; ein Theil derselben verharrt bei derselben Temperatur noch im gasförmigen Zustande, bei welcher andere schon in den flüssigen oder festen eintreten; zuweilen findet dabei auch eine Ueberspringung des flüssigen Zustandes statt, und auf alle diese Aenderungen des Aggregatzustandes üben auch Druck und chemische Verbindungsweise einen merkbaren, noch nicht für alle Fälle festgestellten Einfluss aus.

Die Elemente des Wassers können sich bei einfachem Atmosphärendruck erst dann zu flüssigem Wasser vereinigen, wenn die Temperatur unter 100° C. herabgesunken ist. Unter einer dichteren, schwereren Atmosphäre mag das auf der Erde früher, d. h. bei höherer Temperatur geschehen sein, ohne dass sich der wahrscheinliche Wärmegrad der ersten Wasserbildung bestimmen lässt, da wir den Atmosphärendruck zu jener Zeit nicht kennen. Aber es ist höchst unwahrscheinlich, dass Wasser als solches sich schon auf der heissflüssigen Erdoberfläche gebildet haben sollte, — von dem in Mineralien chemisch gebundenen Wasser ist hier nicht die Rede. Die Wasserbildung auf der Erde erscheint uns daher erst möglich, nachdem die Erstarrungskruste eine gewisse Dicke erreicht hatte.

Mit dem flüssigen Wasser beginnt für uns das vierte Stadium der Erdentwickelung; ein neues, höchst wichtiges Agens tritt mit ihm in Thätigkeit und wirkt durch alle späteren Zeiten fort. Das Wasser sammelte sich in den Vertiefungen

der festen Oberfläche, ward durch Verdunstung und Niederschlag, Ebbe und Fluth, sowie durch alle Aenderungen der Erdoberflächengestaltung in Folge neuer Eruptionen, fortwährend bewegt, und löste feste Bestandtheile auf, während es andere mechanisch mit sich fortriss. Es begann also von diesem Zeitpunkte an auch der ungemein einflussreiche Prozess der sedimentären Ablagerungen, sowohl durch chemische Auflösung und Niederschlag, als durch mechanische Ab- und Anschwemmung.

Dass dadurch die Mannigfaltigkeit der Bildungen ungemein vermehrt wurde, versteht sich von selbst, und die Resultate dieser Vorgänge haben sich ebenfalls in gewissem Grade summirt, d. h. zu den alten Ablagerungen sind stets neue hinzugekommen, der Zerstörung aber wurde ein immer mannigfaltigeres Material dargeboten.

Wir sind nun in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers schon weit vorgeschritten, aber doch noch sehr weit zurück hinter der Gegenwart. Es fehlt diesem Stadium noch alles organische Leben; wir stehen noch vor der Zeit, in welcher sich Sedimente mit organischen Resten ablagern konnten. Wir müssen nämlich voraussetzen, dass die Wasserbildung und Wasserwirkung schon bei so hoher Oberflächentemperatur eintrat, dass Organismen irgend einer Art nicht bestehen konnten, denn wir kennen kein organisches Wesen, welches mehr als 60° C. dauernd zu ertragen vermöchte, während die Temperatur des ersten Wassers wahrscheinlich höher als 100° C. war.

Fünftes Stadium.

Mit der Abkühlung bis zur Möglichkeit des organischen Lebens auf der Erde beginnt eine neue Reihe von Bildungen. Wie das geschah, wie Organismen entstanden, ist noch ein völlig ungelöstes Problem. Wenn man sagt: „sie wurden erschaffen", so ist dies nur eine Verhüllung unserer Unkenntniss, nicht eine wissenschaftliche Erklärung; mit demselben Rechte könnte man sich für alle übrigen geologischen Vorgänge mit

so leichter Erklärung begnügen, und sagen: „die Erde ward erschaffen wie sie ist“.

Dem menschlichen Verstande ist es gelungen, die mechanischen und chemischen Vorgänge der Erdbildung (der Natur überhaupt) grösstentheils auf sehr einfache Gesetze zurückzuführen und dadurch zu erklären, ja sogar einen Theil derselben durch Experimente nachzuahmen. So weit vorgeschritten, sollte er vor keiner Schwierigkeit zurückschrecken; denn obwohl es ihm wahrscheinlich nie gelingen wird, das Räthsel der Welt vollständig zu lösen, so vermag er doch dasselbe stets weiter und weiter zurück zu drängen.

Ist es bereits gelungen, organische Stoffverbindungen künstlich, aus unorganischen Elementen, herzustellen, — was ebenfalls erst eine Errungenschaft der neuesten Zeit ist — so darf man auch hoffen, noch die Bedingungen zu finden, unter welchen Zellen, und aus diesen Organismen entstehen.

H. G. Bronn sagte in einem Vortrage, den er 1858 zu Stuttgart hielt: „Wir wissen und weisen durch Berechnung nach, dass die Weltkörper ihre sphäroidische Formbildung der gemeinschaftlichen Wirkung der Anziehungskraft und der Achsendrehung verdanken; — wir sehen die prismatischen Krystall-Formen der Mineralien noch täglich als Folge chemischer Thätigkeit entstehen; — dagegen kennen wir keine Naturkraft, welche Pflanzen und Thiere hervorbrächte, die nicht abstammen von anderen bereits vorhandenen als neue Einzelwesen alter Arten. Aber wie sind die ersten Stammältern dieser Organismen-Arten entstanden? Diess ist das grosse Räthsel, dessen Lösung uns selbst jene Materialisten schuldig bleiben, welche auch in den organischen Bewegungen nichts anderes als die Wirkungen derselben chemischen und mechanischen Naturkräfte erblicken wollen, welche die Mineralien und Welten hervorbringen. Wohl mag sich die Bewegung des Flüssigen in, nach und aus den Organismen grösstentheils als ein rein physikalischer Vorgang, mag sich die Mischung und Entmischung der Stoffe bei ihrer Bildung als eine chemische Thätigkeit erklären lassen, aber sicherlich nicht die organische Gestaltung, die harmonische

Zusammenpassung der einzelnen Bestandtheile, die Zweckbewusste Bewegung des ganzen Einzelwesens! Während das Welt-Sphäroid und der Krystall als solche nur abgeschlossene Erzeugnisse vorhandener Stoffe und Kräfte sind, entwickelt sich der Organismus für eine erst kommende Bestimmung. Wählen wir die Biene zum Beispiele. Wir sehen an ihrem Eie, wenn es zur Made wird, sich Mund und Eingeweide entwickeln, um sie zu ernähren; wir sehen an ihrer Puppe Eierstöcke entstehen zur Fortpflanzung, Krallen zum Festklammern, Flügel zum Fluge, eine Zunge zur Aufnahme des Honigsaftes aus den Blumen, Fühler zum Tasten und Riechen, behaarte Schienen zur Befestigung des einzutragenden Blumenstaubes, wir sehen den Magen sich ausbilden zur Ausscheidung des Wachses, woraus die Waben im Bienenstocke gebildet werden: Alles lange vor der Zeit des Gebrauches und doch in vollkommenster Uebereinstimmung mit dem künftigen Lebens-Zwecke, in genauestem Verhältniss zu dem künftigen Willen und den künftigen Fähigkeiten des Thierchens! Das sind wahrlich nicht blinde Schwerkraft und Wahlverwandtschaft, die Das zu schaffen und zu fügen vermöchten. Das ist eine eigene, höhere Lebenskraft! Und über diesen Kräften allen steht, unabhängig von ihnen, noch eine bewusste eben so allmächtige wie bis in die kleinsten Einzelheiten berechnende Weltordnung, die uns überall eben so deutlich entgegentritt in dem Nebeneinandersein wie in der Aufeinanderfolge der Dinge!"

Das ist Alles trefflich gesagt, aber der ernste Forscher streckt hier doch etwas voreilig die Waffen, indem er an eine höhere Lebenskraft als an etwas durchaus Unzugängliches appellirt. Sicher, wir kennen die Bedingungen oder Gesetze derselben noch nicht, wie z. B. die der Schwere; Lebenskraft ist daher zunächst nur die Benennung für etwas aus seinen Resultaten Bekanntes, aber auch die Gesetze der Gravitation, des Lichtes, des Tones, der chemischen Verwandtschaft u. s. w. blieben lange unbekannt; der Mensch hat sie erst in den letzten Jahrhunderten, und sehr allmälig entdeckt; früher waren die meisten durch sie bewirkten Erscheinungen eben so unerklärbar,

als die des organischen Lebens es noch jetzt sind. Dass die bekannten chemischen und mechanischen Kräfte nicht genügen, alle Lebenserscheinungen der Organismen zu erklären, ist unzweifelhaft, aber durchaus kein Grund, an der Möglichkeit einer Lösung der Räthsel auf diesem Gebiet überhaupt zu zweifeln. Was hier Lebenskraft genannt ist, mag etwas durchaus Anderes sein als Gravitation, chemische Verwandtschaft, Licht- oder Wärmewirkung u. s. w., es mag einem noch unbekannten Gesetz folgen, aber deshalb ist es noch nicht etwas absolut Unerforschliches. Welche enormen Fortschritte hat nicht gerade die organische Chemie erst in den letzten Jahrzehnten gemacht, und welch neues Licht wirft nicht bereits Darwin's Theorie der Artenentstehung auf dieses Gebiet!

Die Bedingungen für die Bildung von Krystallen aus ihren Grundstoffen lassen sich bereits künstlich herstellen, während die für die Entstehung von Pflanzen oder Thieren aus ihren Elementen noch ganz unbekannt sind; aber warum aus bestimmten Elementen bestimmte Krystallformen entstehen, das wissen wir noch eben so wenig, als warum Pflanzen oder Thiere entstehen. In dieser Beziehung ist unsere Kenntniss für die Gestaltungsursachen des Organischen wie des Unorganischen noch gleich mangelhaft.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Entwickelungsgeschichte der Erde zurück. Der Beginn des organischen Lebens bildet jedenfalls ein neues Glied in der Reihe der geologischen Vorgänge. Neue Stoffe werden dadurch aus der Atmosphäre absorbirt, und nachdem sie dem Leben gedient, gelangen sie theilweise als feste Substanz zur Ablagerung. Am deutlichsten ist das für den Kohlenstoff nachweisbar, der von da an in mancherlei Verbindungen an der Gesteinsbildung wesentlich Theil genommen hat, oft zwar in einem Kreislauf der Umbildung; in Summa scheint aber doch während der geologischen Zeit mehr davon in feste Verbindungen übergetreten zu sein, als die Atmosphäre in Gasform zurück erhielt. In der Aufeinanderfolge der Organismen zeigt sich dabei deutlich eine, in gewissem Grade wenigstens scheinbar, selbst-

ständige Entwickelungsreihe. Immer neue Formen traten nach einander auf, während alte dafür erloschen. Die fossilen Ueberreste in den ungleich alten Ablagerungen belehren uns, dass das organische Leben auf der Erde stets mannigfaltiger geworden ist, dass es sich in vielen Einzelwesen immer höher entwickelt, und dem gegenwärtigen Zustande mehr und mehr genähert hat. Diese Umgestaltungen sind aber keineswegs unabhängig von denen, welche den unorganischen Theil der Erde betroffen haben; sie stehen vielmehr in engster Verbindung damit. Jede Aenderung der Erdoberfläche, durch welche deren Mannigfaltigkeit zunahm, vermehrte auch zugleich die Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen für Organismen, und veranlasste auf diese Weise neue Entwickelungsformen derselben, ebensowohl wie diese sich gegenseitig in ihrem steten Kampf um das Dasein bedingten.

Wir können zwar nicht den Anfangszustand des organischen Lebens bestimmen, — wir werden vielmehr durch die ältesten bekannten Versteinerungen mit deutlicher Form schon mitten in eine Reihe eingeführt, die sich wie zwischen zwei divergirenden Linien breiter und breiter entfaltet hat, ohne dass uns der Nullpunkt oder Anfang bekannt ist. Hypothetisch mögen wir die einfache organische Zelle als Ausgangspunkt der Reihe betrachten. Wohl ist es möglich, dass aus dieser einfachsten Grundform sich, den ungleichen Oberflächenzuständen und Existenzbedingungen entsprechend, gleichzeitig verschiedene Formen — Species — entwickelten, schwerlich jedoch sogleich mit scharfer Artabgrenzung; in der That zeigt, nach Charpenter, die älteste bekannte Lebensform — das *Eozoon* — bereits vielfache Modificationen, aber noch keine deutlichen Speciesunterschiede.

H. G. Bronn hat sich in seiner Stuttgarter Rede, welche nur die Hauptresultate seiner vieljährigen tiefen Studien übersichtlich zusammenfasste, über den Entwickelungsgang des organischen Lebens auf der Erde vortrefflich ausgesprochen; ihm war damals Darwin's Artentheorie noch nicht bekannt; er selbst führte die gesammte Entwickelung auf einen voraus

bestimmten Schöpfungsplan zurück, hielt aber dessen freie Willkür für beschränkt durch die äusseren Existenzbedingungen. Zwei Grundgesetze beherrschten somit nach ihm die Entfaltung des organischen Lebens: das der progressiven Entwickelung und das der Anfügung an die äusseren Existenzbedingungen. Bronn schildert dann in seiner Rede den Entwickelungsgang des Lebens, das Auftreten und die Vermehrung immer neuer, zum Theil höherer Formen und ganzer Abtheilungen. Die Gründlichkeit seines reichen Wissens drängt er in ein möglichst übersichtliches Bild zusammen, und diese gesammte Darstellung stimmt in jedem ihrer Theile vollständig mit Darwin's damals noch unbekannter Theorie überein; an die Stelle eines prädestinirten Planes und an die der Einzelschöpfungen brauchen wir nur die nothwendige Folge von Ursachen einzusetzen, deren Resultate sich summiren. Die Welt wird dadurch nicht weniger bewundernswürdig, und die erste Ursache der Dinge und Vorgänge bleibt noch hinreichend dunkel, um dem menschlichen Verstande ein unermessliches Gebiet der Forschung, dem Gemüth aber ein solches der Anbetung zu hinterlassen.

So dunkel als die erste Zellenbildung ist auch die Fortpflanzung durch Keim, Same, Ei u. s. w. Sie liegt uns noch unerklärt als Thatsache vor. Etwas weiter reicht dagegen unsere Kenntniss über die allmälige Umgestaltung der organischen Formen. Einen grossen Schatz von Thatsachen hat darüber eben Ch. Darwin gesammelt, und darauf seine Theorie von der Entstehung der Arten begründet, welche im Wesentlichen eine Anwendung unseres allgemeinen Entwickelungsgesetzes auf das organische Leben ist. Jede Aenderung der äusseren Zustände — sei es nun des Bodens, des Wassers, der Luft oder der socialen Beziehungen unter den Organismen selbst — bedingte auch eine Umgestaltung in der Form oder inneren Organisation der Arten, welche sich höchst allmälig durch natürliche Züchtung vollzog, bis sie den für eine gewisse Periode constanten Charakter einer neuen Species erreichte. Die Entstehung neuer Varietäten und Racen, sei es nun durch natür-

Digitized by Google

liche Vorgänge oder durch künstliche Züchtung, ist erwiesen, Darwin hat aber gezeigt, dass zwischen Varietät und Art keine scharfe Grenze gezogen werden kann. Es ist nicht meine Absicht, die höchst complicirten Einwirkungen verschiedenster Art, welche Darwin mit staunenswerthem Scharfsinn verfolgt und nachgewiesen hat, hier einzeln zu wiederholen; ich glaube für den organischen Theil des Entwickelungsgesetzes mich einfach auf sein berühmtes Werk über die Entstehung der Arten, und auf die im VII. Abschnitt darüber gemachten geologischen Bemerkungen berufen zu dürfen.

Wenn der anorganische Theil der Erde in seiner äusseren Gestaltung und inneren Zusammensetzung sich fortdauernd verändert hat, und wenn durch Summirung dieser Aenderungen die Mannigfaltigkeit seiner Oberflächenform wie seiner inneren Zusammensetzung sich nothwendig stets vermehren musste, so folgt daraus von selbst, dass sich auch die Organismen, diesen Aenderungen entsprechend (sich ihnen anschliessend) umgestalten und an Formenzahl zunehmen mussten. Jede Einzelform wirkte aber zugleich bedingend auf zahlreiche andere ein, die sich gegenseitig im Kampfe um das Dasein befanden, und jede Möglichkeit einer neuen Gestaltung ward auch zur Wirklichkeit. Darauf, sowie auf den fortlaufenden klimatischen Aenderungen, beruht wesentlich der Unterschied der Species in den ungleich alten Ablagerungen, die stete Zunahme ihrer Zahl und der grösseren Entwickelungshöhe Einzelner.

Die Reihe der Gesteinsbildungsprozesse durch Erstarrung, Ablagerung und organische Thätigkeit, ist dem Wesen nach hiermit so ziemlich erschöpft; ihre Producte sind aber nothwendig immer mannigfaltiger geworden, je mehr Ungleiches zur Zerstörnng und Umbildung vorhanden war, und so steigerte sich die Verschiedenartigkeit des Resultates von selbst.

Zu den Prozessen der Gesteinsbildung kamen aber sehr früh auch schon die der Gesteinsumwandluug oder Metamorphose hinzu. Fast kein Gestein blieb ganz unverändert so wie es einst entstand; nur sind die Grade der Umwandlung äusserst ungleich, je nach seiner ersten Beschaffenheit und je nach den

Umständen welche darauf einwirkten. Unzählige Gradationen solcher Umwandlung des ursprünglichen Zustandes haben die Mannigfaltigkeit der Gesteinsmodificationen geradezu ins Unendliche gesteigert, und es absolut unmöglich gemacht, alle diese Verschiedenheiten besonders zu charakterisiren und zu benennen. Man kann sie nur noch durch Vereinigung in natürliche Gruppen übersichtlich machen, und das ist die schwierige Aufgabe der Gesteinslehre, die es nirgends mit scharfabgegrenzten Species zu thun hat.

Wie aber der innere Bau der Erde bis zu einer gewissen Tiefe mit der Zeit, und besonders gegen die Oberfläche hin, ein stets mannigfaltigerer geworden ist, so auch der äussere: Hebungen, Senkungen, Abspülungen und Auflagerungen sind die Hauptursachen der besonderen Oberflächengestaltungen der Erde. Seitdem dieselbe eine feste und theilweise von Wasser bedeckte Oberfläche besitzt, haben alle diese Ursachen, bald hier bald da stärker, überhaupt aber stetig darauf eingewirkt, und Umgestaltungen veranlasst. Keine Veränderung welche zu irgend einer Zeit hervorgebracht wurde, ist später wieder vollständig und spurlos verschwunden, wenn auch manche durch nachfolgende Vorgänge in gewissem Grade verwischt oder überdeckt, und dadurch uns unsichtbar geworden ist; namentlich aber hat jede vorhandene Gestaltung auf die in derselben Gegend neu eintretenden stets modificirend eingewirkt. Es haben sich daher die Resultate aller im Laufe der Zeit wirkenden Vorgänge der Art ebenfalls zu einem Endergebniss summirt.

Nothwendig ist darum auch der äussere Erdbau — die Oberflächengestaltung — wie der innere — die Lagerungsverhältnisse der Gesteine — stets mannigfaltiger und verwickelter geworden. Auch in dieser Beziehung haben wir den gegenwärtigen Zustand als das Endergebniss unzähliger localer Einwirkungen auf ein ursprünglich einförmiges Rotationssphäroid anzusehen.

Dass die Oberflächenform die Vertheilung von Wasser und Land bedingt, und zugleich auf die locale Richtung und Energie

Digitized by Google

der Bewegung des ersteren einwirkt, versteht sich von selbst; sogar die Strömungen der Luft und mit ihnen die klimatischen Zustände sind theilweise dadurch bedingt. Natürlich sind daher auch alle diese abhängigen Vorgänge und Zustände auf der Erdoberfläche stets mannigfaltiger geworden.

Sechstes Stadium.

Die klimatischen Aenderungen welche soeben berührt wurden, beruhten wieder wesentlich auf fortschreitender Abkühlung der ganzen Erde. Unsere Theorie setzt eine anfangs sehr hohe Gesammttemperatur voraus, und selbst für die Periode in welcher organisches Leben sich zu entwickeln begann, noch eine so grosse Erdwärme, dass dagegen die Unterschiede ungleicher Sonnenbestrahlung verschwindend klein erscheinen mussten. Mit immer weiterer Abnahme dieser Eigenwärme der Erde mussten aber jene Unterschiede sich mehr und mehr geltend machen, und so traten nach und nach Klimazonen — modificirt durch Oberflächenzustände — immer deutlicher hervor, bis endlich in den kältesten Regionen auch Eisbildung möglich ward. Dadurch ist das sechste Stadium der Erdentwickelung bezeichnet, ohne dass sich für seinen Anfang eine bestimmte geologische Periode bereits feststellen liesse. Die Klimazonen und die Eiswirkungen kamen als neue Ursachen der Mannigfaltigkeit zu den alten hinzu, und wirkten von da an wie diese dauernd fort, um endlich diejenige Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zu bewirken, welche wir jetzt vorfinden, die aber keineswegs einen Abschluss der Entwickelung bilden. Dieser Abschluss, das Ende der Reihe, ist uns eben so wenig bekannt als ihr Anfang.

Es ist unmöglich, das unendlich vielseitig in einander greifende Gewebe der sich gegenseitig bedingenden und summirenden Aenderungen im unorganischen wie im organischen Gebiet vollständig zu entwirren und seine Fäden einzeln zu verfolgen oder frei zu legen. Selbst wenn man es versucht, nur für eine beschränkte Erdgegend und einen beliebigen Zeitraum als Beispiel, dieses Ineinandergreifen aller Vorgänge zu schildern, so

ergieht sich, dass wir hierzu noch kein Gebiet genau genug kennen. Wäre das aber auch der Fall, so würde sich doch keines von den Nachbargegenden isoliren lassen, da alle mit ihren Vorgängen gegenseitig in einander eingreifen. Fassen wir z. B. Deutschland ins Auge, so ist sicher, dass während der Grauwackenperiode die Zahl der Gesteinsarten aus denen sein Boden bestand, die Zahl der Gebirge und die der Thäler, weit geringer war als jetzt. Alle diese Dinge haben sich aber allmälig vermehrt; zu den ältesten Gesteinen sind neuere, zum Theil andere, und in anderer Lagerung hinzu gekommen, ebenso zu den ältesten Gebirgen neuere, und in derselben Weise hat sich die Zahl und Mannigfaltigkeit der Thaleinschnitte vermehrt, wenn auch inzwischen Ueberfluthungen stattfanden. Es ist somit der gesammte Bodenbau stets mannigfaltiger geworden. So allgemein ausgedrückt lässt sich der Vorgang allenfalls übersehen, aber jeder Versuch, die einzelnen localen Umgestaltungen alle chronologisch an einander zu reihen und aus einander abzuleiten, scheitert, wie gesagt, noch an mangelhafter Kenntniss der Thatsachen und an dem höchst verwickelten Ineinandergreifen derselben.

Auch in den fossilen Resten früherer Lebenszustände liegt uns jedenfalls nur ein sehr lückenhaftes Material des gesammten Entwickelungsprozesses vor; sie stellen nur vereinzelte Glieder einer unermesslichen Reihe dar, aber die Aufeinanderfolge dieser Glieder stimmt durchaus mit Darwin's Theorie und mit unserem Gesetz überein. Es mag zunächst unglaublich erscheinen, dass die unübersehbare Mannigfaltigkeit von ausgestorbenen und lebenden Thier- und Pflanzenformen durch, den Zuständen entsprechende, allmälige Umgestaltung einer höchst einfachen Grundform — wie etwa der Zelle — entstanden sein soll; sobald aber einmal eine solche Umgestaltung nachgewiesen werden kann, liegt kein Grund gegen alle übrigen vor, und nur die herrschende Beschränkung der Zeitbegriffe stellt sich noch als eine Schwierigkeit entgegen; diese muss freilich erst überwunden werden, um die ganze Anschauungsweise zugänglich zu machen, und sicher wird jeder unbefangene Forscher sich

Digitized by Google

bald daran gewöhnen, da in Wirklichkeit keine Ursache für irgend eine Beschränkung in dieser Richtung vorhanden ist. Die Zeit ist vielmehr das Einzige über welches der Geolog ganz frei zu verfügen hat, während er in jeder anderen Beziehung an Naturgesetze, Beobachtungen und Erfahrungen gebunden ist. Es war Sir Ch. Lyell, welcher zuerst die Zeitdauer an die Stelle wunderbarer Energie setzte, und dadurch einen ganz neuen Aufschwung der Geologie anbahnte, wodurch er mehr als irgend ein Anderer zum Reformator dieser Wissenschaft wurde.

Gewiss, die Zeit liegt nicht mehr fern, in welcher sich alle Naturforscher an diese neue Anschauungsweise gewöhnt haben und in welcher man es dann fast unbegreiflich finden wird, dass der Gedanke der Einzelschöpfungen sich so lange erhalten konnte. Die Vorstellung, der erste Elephant oder die erste Eiche sollten — ohne alle Vorfahren — plötzlich als solche aufgetreten sein, wird dann für eben so wunderlich gehalten werden, wie jetzt etwa der Glaube an Zauberer und Hexen.

Siebentes Stadium.

Im organischen Reich hat die Summirung der Resultate nicht nur immer mehr neue Einzelformen bedingt, welche der stets grösser gewordenen Mannigfaltigkeit ihrer Existenzbedingungen entsprachen, sondern auch eine aufsteigende Organisation in einem Theile der Einzelformen. Was wir höhere Organisation zu nennen pflegen, entspricht, wie schon Bronn zeigte, „einer Vermannigfaltigung der Lebens-Vorrichtungen und der für sie bestimmten Organe, einer immer schärferen Theilung der Arbeit zwischen verschiedenen Organen-Arten, einer Verminderung der Anzahl gleichwerthiger Organe bei zunehmender Ausbildung derselben, einer Concentrirung der gleichartigen Vorrichtungen und Werkzeuge auf bestimmte Theile des Körpers, der Centralisirung eines jeden Organen-Systems, einer Zurückziehung der edelsten (wichtigsten) Organe in das Innere des Körpers, und endlich auch einer Vergrösserung des Körpers bis zu einem

gewissen Grade." Im Thierreich kommt aber dazu noch die immer vollständigere Entwickelung des Nervensystems und seiner geistigen Functionen.

Durch diese letzteren, welche bei den Thieren höchst unscheinbar beginnen, unmerklich sich vermehren, und im Menschen ihr Maximum erreichen, begann sogar eine ganz neue Phase der organischen Entwickelungsreihe. Das Wesen dieser Functionen, welche wir geistige zu nennen pflegen, ist noch durchaus unergründet. Es handelt sich für unsere Zwecke auch gar nicht um eine Lösung solcher Räthsel oder um eine Entscheidung über die Selbstständigkeit des Geistes, sondern lediglich um die thatsächlichen Erscheinungen des geistigen Lebens. Für diese tritt uns aber zuerst im Menschen eine freie Entwickelung innerhalb einer Formeuspecies deutlich entgegen. Bei den Thieren erkennen wir eine wesentliche Zunahme der geistigen Functionen nur von Art zu Art; die gleichzeitigen und die auf einander folgenden Individuen derselben Art unterscheiden sich nur sehr wenig von einander. Beim Menschen dagegen finden wir nicht nur grosse individuelle Verschiedenheiten neben einander, sondern auch einen unverkennbaren Fortschritt des Wissens und Könnens mit der Zeit, d. h. in den auf einander folgenden Generationen derselben formalen Species — einen Fortschritt, der auf diesem Gebiet dem der Formenentwickelung der übrigen Organismen entspricht, und der ebenfalls ein Resultat der Summirung ist.

Bei einigen Thierspecies, besonders bei Hausthieren, sind zwar schon kleine geistige Fortschritte durch Züchtung bemerkbar, gegen die des Menschengeschlechtes erscheinen sie aber nur äusserst gering. In sofern wird durch das Auftreten des Menschen auf der Erde ein siebentes Stadium der geologischen Entwickelungsreihe charakterisirt.

Der Mensch ist der Ausgangspunkt eines besonderen organischen Reiches geworden, welches sich ähnlich über dem Thierreich erhebt, wie dieses über dem Pflanzenreich. Die Fähigkeiten des Körpers werden beim Menschen ergänzt und theilweise ersetzt durch die des Geistes, als einer deutlich her-

vortretenden Function; Formenspecies werden daher unnöthig. Die Entwickelnng des geistigen Lebens beruht aber, wie gesagt, wiederum auf einer Summirung von Resultaten. Ein Gedanke gebiert den anderen, eine Erfindung die andere, und so fort und fort. Die Summe der geistigen Errungenschaften unserer Vorfahren befähigt uns zu immer weiterem Fortschritt auf diesem Gebiet. Den Fortschritt der Organisation im Thierreich, welcher durch Formenspecies bezeichnet ist, ersetzen wir durch Erfindung von Werkzeugen, Waffen und wissenschaftlichen Apparaten, durch den Umständen entsprechende Kleidung und Wohnung, ohne wesentliche Aenderung unserer äusseren Körperform. Noch vermögen wir keine Grenze zu ahnen für die Entwickelung von Kunst und Wissenschaft, oder für die des Denkens; noch erscheint es daher nnnöthig, dass eine ganz neue Phase der Lebensform nach der jetzt höchsten eintrete, am wenigsten aber lässt sich im Voraus bezeichnen, worin eine solche bestehen könnte.

Die Geschichte des Menschengeschlechtes zeigt uns in sich wieder eine Entwickelungsreihe wie die der organischen Formenspecies und der unorganischen Welt. Individuen, Nationen, Gedanken und Erfindungen vermehrten sich durch Summirung, und nicht ohne Einfluss der umgebenden Natur. Individuen, Nationen und selbst Erfindungen überlebten sich auch, und starben aus wie Species; das Luntenschloss, das Steinschloss, das Ruderschiff, die Handspindel und die Sanduhr sind z. B. solche ausgestorbene Erfindungen; aber alle früheren Entdeckungen und Erfindungen wirkten auf alle späteren ähnlicher Art ein, wenn sie selbst auch wieder in Vergessenheit geriethen. Im Allgemeinen ist ein Fortschritt in der Richtung der Mannigfaltigkeit nothwendig und unverkennbar, und diesen pflegen wir in der Regel als höhere Entwickelung zu bezeichnen. Das ist aber ein relativer Begriff. Wenn wir unter Höherem das in unserem Sinne Bessere, Edlere oder Vollendetere verstehen, so entsprechen die auf einander folgenden Entwickelungsphasen keineswegs stets diesem Sinne, sondern in Wirklichkeit nur einer Vermannigfaltigung durch Summirung,

Digitized by Google

mag sie sich nun durch die Zahl der individuellen Verschiedenheiten, durch den complicirten Bau der einzelnen Individuen oder durch vermehrte geistige Entwickelung zu erkennen geben. Die zunehmend höhere Organisation ist als solche nicht eine nothwendige Folge des Gesetzes, sondern nur eine wahrscheinliche und deshalb oft wirkliche.

Die Geschichte der Völker in ihrer geistigen Entwickelung, wie die der organischen Species, zeigt oft genug das, was wir Rückschritte zu nennen pflegen, weil es unserem Ideal einer aufsteigenden Reihe nicht entspricht; das Entwickelungsgesetz ist aber, wie gesagt, nicht identisch mit einem Vervollkommnungsprozess, sondern die höhere Organisation oder Vervollkommnung im üblichen Sinne ist nur ein durchschnittlich nothwendiges Resultat der Vermannigfaltigung. Jene Rückschritte — oder vielmehr was wir so zu nennen pflegen — sind daher nicht Ausnahmen vom Gesetz, sondern ebenfalls nothwendige Folgen desselben. Es ist schwer, die Nothwendigkeit der Rückschritte in der Menschengeschichte deutlich nachzuweisen, in der Entwickelungsgeschichte der Organismen liegt sie aber klar vor, insofern eine grosse Zahl von einfacheren (niederen) Organismen ihre Existenzbedingungen erst durch die höheren — einige sogar erst durch den Menschen — fand, also erst nach diesen höheren in ihrer besonderen Form entstehen konnten, wenn auch verwandte Formen bereits früher vorhanden waren. Die Gesammtheit des Lebens ist dadurch aber allemal mannigfaltiger geworden.

Hiermit habe ich den, unter gewissen Voraussetzungen nothwendigen Entwickelungsgang der Erde in allgemeinen Umrissen darzustellen versucht, aufrichtig bekennend: dass das Räthsel seines Anfanges, seiner Ursache, seines innersten Wesens und seines Endzieles, durch solche Forschungen ungelöst bleibt.

Es sei mir gestattet, nur noch wenige Bemerkungen über einen möglichen Rückschritt der Entwickelung durch Verminderung der Mannigfaltigkeit hinzuzufügen.

Digitized by Google

Ob die Abkühlung der Erde noch fortdauert, oder ob ihre Gesammttemperatur durch Wärmeaufstrahlung von der Sonne aus, im Gleichgewicht erhalten wird, hat selbst durch die sinnreichen Berechnungen Fourrier's nicht sicher entschieden werden können. Aus ihnen ergiebt sich nur dass seit 2000 Jahren ihre Umdrehungsgeschwindigkeit und folglich ihr Durchmesser, der von der Gesammtwärme abhängig ist, sich nicht nachweisbar verändert hat. Dieser Zeitraum ist verhältnissmässig kurz und die Berechnung lässt immer noch ein mögliches Minimum übrig, welches in Jahrmilliarden einen sehr bemerkbaren Effect haben könnte. Zudem haben Dr. Meyer, Delaunay, Ring, W. Ferrel und J. Croll nachgewiesen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde durch Friction der Fluthwellen nothwendig in 100 Jahren etwa um 4 Secunden vermindert werden muss. Ihre Beschleunigung durch Abkühlung könnte mit dieser Verzögerung sich ungefähr ausgleichen; genug, durch Beobachtung ist über irgend eine Aenderung des allgemeinen Wärmezustandes wie der Umdrehungsgeschwindigkeit in historischer Zeit noch gar nichts bekannt. Wenn aber die Sonne selbst kälter wird und der Erde weniger Wärme zustrahlt, so ist in einem ganz unbestimmbar grossen Zeitraume auch eine stetig fortschreitende Abkühlung der Erde nothwendige Folge davon. Nach und nach müssen mehr und mehr Stofftheile aus dem gasförmigen in den flüssigen und festen Zustand übergehen, bis endlich nur ein fester, wenn auch sehr mannigfach zusammengesetzter Weltkörper übrig bleibt. Das würde eine höchst einflussreiche Abnahme in der Mannigfaltigkeit der Aggregatzustände sein, die zur Unmöglichkeit organischen Lebens führt. Gegenwärtig befindet sich unsere Erde jedenfalls noch in der aufsteigenden Reihe ihrer Entwickelung durch Zunahme der Mannigfaltigkeit, und eine Wendung zur absteigenden Reihe liegt für unsere Begriffe noch unfasslich weit vor uns.

Die chronologische Aufeinanderfolge der Hauptwirkungen und Aenderungen lässt sich nach dem Allen, wie S. 242 folgt, darstellen, wobei jede Wirkung von ihrem Eintritt an constant bleibt, während ihr Eintrittszeitpunkt nur annähernd nach ihrem deutlichen Hervortreten bestimmt werden kann; jede derselben begann aber offenbar schon früher in geringerem Grade. Die einzelnen Perioden oder Stadien bilden durchaus nicht scharf von einander getrennte Abschnitte.

Man mag vielleicht annehmen, alle Ursachen der Wirkung seien, wie alle Stofftheile, von Anfang an vorhanden gewesen, aber im latenten Zustande verblieben bis ihre Zeit kam — d. h. bis die Umstände sie wirksam werden liessen —; es ist das ein Gedanke, den Virchow für die Lebenskraft ausgesprochen hat.

Reihenfolge der Wirkungen.	Reihenfolge der Vorgänge.
1. Gravitation.	1. Ballung der Materie und dadurch immense Temperatur des Gasballes.
2. Wärme (Licht, Elektricität u. s. w.). (Ausstrahlung.)	2. Durch Wärmeausstrahlung in den kälteren Weltraum geht ein Theil der gasförmigen Stoffe in den flüssigen Zustand über. Ein flüssiger Kern ist von einer Gashülle umgeben.
3. Chemische Verwandtschaft (Krystallisation).	3. Durch weitere Abkühlung erstarrt ein Theil des flüssigen Kernes. Es bildet sich eine, aus Mineralsubstanzen bestehende feste Kruste um den flüssigen Kern, umgeben von einer Gashülle.
(Wasser.)	4. Durch noch grössere Abkühlung wird auf der Oberfläche der festen Kruste Wasserbildung möglich, und von da an Wasserwirkungen. Zwischen die feste Kruste und die Gashülle tritt demnach eine unterbrochene Wasserschicht.
4. Organisation.	5. Nach einer gewissen Temperaturerniedrigung bilden sich organische Stoffverbindungen, und aus diesen Organismen, deren Mannigfaltigkeit sich nun stetig vermehrt, wie die der unorganischen Gestaltungen.
(Eis.)	6. Die Wärmeunterschiede der Sonnenbestrahlung werden bemerkbar; es bilden sich Klimazonen und endlich Eisregionen. Von da an auch Eiswirkungen.
5. Geistesthätigkeit.	7. Im Thierreich entwickelt sich mehr und mehr das geistige Leben, und erreicht im Menschen sein augenblickliches Maximum.

Digitized by Google

VII.

DIE GEOLOGIE UND DARWIN.

Kein Werk hat in neuester Zeit auf dem Gebiete der Naturwissenschaften so grosses und gerechtes Aufsehen erregt als Ch. Darwin's Buch über die Entstehung der Arten. Nicht nur die Anhänger, sondern auch die Gegner der darin entwickelten Theorie schätzten diese Arbeit sehr hoch, weil sie eine unerschöpfliche Sammlung von scharf beobachteten, höchst lehrreichen und z. Th. ganz neuen Thatsachen enthält, und auf eine geistvolle Weise verbindet. Die Beobachtungen und die Schlussfolgerungen aus ihnen sind mit so überzeugender Sachkenntniss, Ruhe und Klarheit zu einer erklärenden Theorie gestaltet, dass sich bereits eine grosse Zahl der namhaftesten Botaniker und Zoologen von ihrer Richtigkeit im Allgemeinen überzeugt hat, und dass z. B. Huxley und Carl Vogt übereinstimmend davon sagen konnten: dass Darwin's Werk nach dem Cuvier's über das Thierreich und nach v. Bär's Werk über die Entwickelungsgeschichte der grösste Beitrag zur Wissenschaft von den Thieren sei, welcher bisher gegeben wurde, und dass es mehreren Generationen von Forschern noch als Führer in ihren Untersuchungen dienen werde. Dass der Plan und Grundgedanke desselben noch eines vielfachen Ausbaues und Anbaues fähig sei, versteht sich von selbst. Zudem hat Darwin seine Aufgabe selbst und absichtlich beschränkt, indem er den

Digitized by Google

Ursprung der organischen Formenverschiedenheiten nicht bis zu ihrem ersten Anfang und nicht bis zu ihrem letzten Resultate verfolgt, sondern wie ein Geschichtsforscher — der nicht eine allgemeine Weltgeschichte, sondern die Fortschritte und Bewegungen der Völker in einem bestimmten Zeitraume darstellen will — die ersten Formenunterschiede als gegeben angenommen, um daraus die ferneren abzuleiten, ohne diese Ableitung bis auf den Menschen auszudehnen. Es ist selbstverständlich, dass die Consequenzen dieser Theorie rückwärts zu einem möglichst einfachen Ursprung, etwa zur organischen Zelle, und aufwärts bis zum Menschen führen.

Darwin selbst hat mit grosser Bescheidenheit anerkannt, dass seine Ansichten nicht durchaus neu sind. Sein eigener Grossvater hat ähnliche Ideen gehegt, wie schon Jean Paul in seinem Museum (1814 III, §. 5) berichtet. v. Bär hat vor 30 Jahren in einer zu Königsberg gehaltenen Rede über das allgemeine Gesetz der Natur etwas der Art ausgesprochen, und auch Lamark hat die Umgestaltung der organischen Formen zu erklären versucht; aber v. Bär führte die Umbildung auf die fortschreitenden Siege des Geistes über den Stoff zurück, und Lamark vorherrschend auf die Uebung und, in Folge davon, Entwickelung einzelner Organe. Auch Oken suchte 1819 in seiner naturphilosophischen Weise die Entstehung des Menschen durch Entwickelung einer Thierform zu erklären. Ich übergehe hier Bemerkungen über die Spuren ähnlicher Ansichten, welche sich bei Geoffroy und Isidore Saint-Hilaire, W. Hebbert, Haldeman, Omalius d'Halloy, H. Spencer, Naudin, Wallace, Huxley und dem Verfasser der *Vestiges of creation* finden. Darwin weist zuerst die Gesammtheit der Einwirkungen verschiedenster Art wirklich nach, stellt daher nicht blos eine Hypothese hierüber auf, sondern entwickelt eine Theorie aus unzähligen Thatsachen. Seine Vorgänger mochten den Zusammenhang ahnen, sie konnten ihn aber nicht nachweisen und befriedigend erklären.

Er zeigt zunächst, dass der Begriff der organischen Species kein fest umgrenzter ist, dass kaum zwei selbstständige For-

scher über die Abtrennung der einzelnen Species übereinstimmen, dergestalt, dass sehr oft der Eine trennt, was der Andere in dieselbe Species zusammenfasst. Er hat nachgewiesen, dass viele Varietäten oder Racen derselben Species sich durch zufällige oder absichtliche Züchtung oder andere Einwirkungen in verhältnissmässig kurzer Zeit eben so sehr von einander unterschieden haben, als viele von jedem Forscher als ungleich anerkannte Arten; und zwar nicht blos in einer, sondern in jeder Beziehung unterscheiden sich manche dieser Racen. Er hat dann nachgewiesen, dass diese Trennung in Varietäten oder Racen, die sehr oft den Grad von ungleichen Species erreicht, nicht blos durch vom Menschen geleitete, sondern auch durch natürliche Züchtung *(natural selection)* — durch diese freilich viel langsamer — hervorgebracht wird, und dass auf die Umgestaltung der Formen und Eigenthümlichkeiten nicht blos die Züchtung, sondern auch die Ernährung und die übrigen äusseren Lebensbedingungen einen Einfluss ausüben; dass alle Species wie alle Individuen im steten Kampf um ihr Dasein mit einander leben, dergestalt, dass nur diejenigen und ihre entsprechenden Nachkommen dauern können, welche durch ihre besondere Organisation diesem Kampf gewachsen, d. h. deren Widerstandskraft oder irgend welche Vorzüge geeignet sind, sich diejenigen Lebensbedingungen zu sichern, welche für ihre Existenz erforderlich; er hat endlich nachgewiesen, dass alle Umbildungen der Organismen Stadien erreichen, in denen sie den Zuständen am besten angepasst sind, so dass nun diese Formen der Individuen durch viele Generationen, für grosse Perioden — d. h. so lange als ihre Existenzbedingungen — unverändert bleiben. Diese constant gewordenen Verschiedenheiten entsprechen dann allerdings dem Begriff Species, d. h. sie unterscheiden sich durch forterbende Eigenschaften wesentlich von einander, zwar nicht für alle Ewigkeit, aber für eine oft sehr lange Periode, während die Umbildungs- oder Uebergangsstadien verhältnissmässig schnell vom Schauplatze verschwinden. Die organischen Species sind hiernach eigentlich nur den äusseren Verhältnissen angepasste oder entsprechende Ent-

Digitized by Google

wickelungsstadien. Die Zweckmässigkeit ihrer Organisation könnte eben so gut Ziel als nothwendige Existenzbedingung sein; nach Darwin ist sie letzteres. Alles Zwecklose, z. B. jedes unbenutzte Organ, verkümmert allmälig, aber es fehlt nicht in der Natur, und oft sind die Abkömmlinge von Species noch lange mit nutzlosen, sogenannten rudimentären Organen behaftet, die sie nicht mehr brauchen, aber von ihren Vorfahren ererbt haben; wie z. B. die Knochentheile mehrerer Zehen im Fuss des Pferdes, oder die rudimentären Schneidezähne im Oberkiefer einiger jungen Wiederkäuer.

Auch Agassiz definirt den Begriff der Species in ähnlicher Weise, wenn er sagt: zu einer Art gehört Alles, was sich durch Merkmale charakterisirt, die dem Menschen für eine gewisse längere Zeit unveränderlich erscheinen.

Sind auf diese Weise durch allmälige Umgestaltung die Species entstanden, so versteht es sich von selbst, dass die mehr oder weniger willkürliche Eintheilung in Genera, Familien, Ordnungen und Classen auf demselben Ursprung beruht. Mehrere Arten die aus einer hervorgingen, werden grössere Aehnlichkeit besitzen, als solche die durch Variation sich aus zwei verschiedenen Arten entwickelten; aber auch diese zwei Arten führen auf einen gemeinsamen Ursprung zurück, und es ist zuletzt nur eine erste organische Zelle nöthig, aus der sich in unermesslichen Zeiträumen alle Einzelformen herleiten lassen.

Die erstaunliche Gliederung und Abstufung des organischen Lebens, die wir durch Reiche, Classen, Ordnungen, Genera, Species und Varietäten ausdrücken, ist auf diese Weise durch stete Spaltung und Umgestaltung entstanden.

Darwin hegt demnach durchaus nicht die Ansicht, dass eine Trennung von bestimmten Species überhaupt unzulässig sei, sondern er weist diesen Species nur eine andere Bedeutung an, als man ihnen gewöhnlich beilegte. Sie sind nach ihm nicht selbstständige Einzelschöpfungen. In für die gewöhnliche Anschauung fast unendlich langen Zeiträumen, sind nach seiner Ansicht die einzelnen Arten aus früher vorhandenen, in der Regel nicht mehr existirenden, hervorgegangen, und haben sich

dabei durch Spaltung stets vermehrt, in ihrer Gesammtheit auch vervollkommnet. Neben den höheren Formen entwickelten sich aber stets auch die niederen unausgesetzt fort, und füllten jede Lücke aus, die eine Möglichkeit für organisches Leben darbot.

Die Gegner welche bis jetzt gegen Darwin aufgetreten sind, scheinen z. Th. seine Lehre nicht recht verstanden zu haben, ganz besonders aber scheint es den meisten schwer zu werden, den Einfluss der Zeit gehörig zu würdigen, d. h. sich über die gewöhnlichen beschränkten Zeitbegriffe zu erheben. Es würde jedoch gänzlich meine Kräfte und meine gegenwärtige Aufgabe überschreiten, wenn ich mich auf den rein botanischen oder zoologischen Theil dieser Frage einlassen wollte. Als Geolog genügt es mir, dass eine grosse Zahl ausgezeichneter Botaniker und Zoologen Darwin beistimmen, und ich beschränke mich darauf, die Anwendung seiner Lehre auf die Geologie weiter zu besprechen.

Ist Darwin's Theorie richtig, so muss sie nothwendig in der Geologie nicht nur ihre Anwendung, sondern auch ihre Bestätigung finden; untersuchen wir das etwas näher.

Die organischen Reste welche in den sedimentären Schichten begraben liegen, und welche man gewöhnlich Versteinerungen zu nennen pflegt, sind verschieden in den Ablagerungen ungleichen Alters, aber nicht durchaus gleich in den Ablagerungen gleichen Alters. In letzterer Beziehung scheint zu allen Zeiten jede Species nur ein, für die verschiedenen sehr ungleiches Verbreitungsgebiet eingenommen zu haben, d. h. die Faunen und Floren verschiedener Erdgegenden waren in allen geologischen Perioden etwas von einander verschieden, wenn auch anfangs nicht in dem Grade als später.

Schon dieser stete Wechsel der Formen durch alle Perioden stimmt mit Darwin's Lehre trefflich überein, die es unnöthig macht, jede Art neu entstehen oder erschaffen zu lassen.

Wenn man die in den Ablagerungen ungleichen Alters bis jetzt aufgefundenen Organismen mit einander vergleicht, so ergiebt sich daraus eine doppelte Entwickelungsreihe, — einmal eine

aufsteigende Reihe von niederer zu höherer Organisation, dann aber zweitens eine Annäherungsreihe von anfangs sehr abweichenden, zu immer mehr mit den jetzigen übereinstimmenden Formen. Dass dabei die Mannigfaltigkeit der Formen überhaupt stets grösser werden musste, versteht sich von selbst. Das Alles stimmt aber mit Darwin's Theorie überein.

Die aufsteigende Entwickelung vom Niederen zum Höheren, von der Alge zum Eichbaum, vom Zeophyten zum Säugethier und Menschen, ist zwar nach den bisherigen Beobachtungen noch keine vollständige, gleichmässige und ununterbrochene, aber in ihren Hauptumrissen ist sie unzweifelhaft. Neben den höheren Organismen bestanden aber stets auch die niederen fort, oder entwickelten sich in neuer Weise. Vom Menschen kennt man nur bis zur Pliocänzeit zurück fossile Reste. Säugethierknochen sind nur bis in die ältesten tertiären Ablagerungen hinab häufig gefunden worden, dann werden sie immer seltener, und die ältesten Spuren derselben, die aber einer sehr niederen Ordnung angehören, kennt man aus der Triasperiode. Reptilien hat man ganz vereinzelt bis in devonische Ablagerungen verfolgt, aber nicht tiefer. Fischreste kommen zwar schon in unteren silurischen Ablagerungen vor, sind aber noch nicht in den bis jetzt bekannten untersten Gliedern der sedimentären Reihe gefunden worden; in diesen cambrischen (taconischen, huronischen) und eozoischen Ablagerungen kennt man überhaupt nur wenig deutliche Versteinerungen, und darunter ist keine die von Wirbelthieren herrühren könnte. Diese constante, dem Alter der Ablagerungen entsprechende Abnahme der höher entwickelten Organismen, die ganz ähnlich auch für das Pflanzenreich gilt, kann aber sicher nicht einem blossen Zufall zugeschrieben werden, — d. h. es würde sehr sonderbar sein, wenn man behaupten wollte, in den älteren Schichten seien nur zufällig solche Organismen noch nicht aufgefunden worden, denn auch diese Schichten sind oft ausserordentlich reich an Ueberresten niederer Organisation, und es ist gar kein Grund vorhanden, warum sich die einer höheren in ihnen nicht eben so gut hätten erhalten sollen als die einer niederen, und als in

den jüngeren Ablagerungen, die z. Th. sehr viel davon enthalten, während sie keineswegs allgemein reicher an Versteinerungen sind. Wir müssen vielmehr aus den Thatsachen schliessen, dass in den ältesten Perioden aus denen man Ablagerungen kennt, nur wirbellose Thiere existirten, und dass zu diesen erst nach und nach auch Fische, Reptilien und Säugethiere hinzukamen. Dieser einfache Schluss auf eine aufsteigende Reihe der Entwickelung bestätigt sich übrigens durch eine grosse Zahl anderer Thatsachen, da beinahe in allen einzelnen Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreiches die relativ niederen Formen geologisch zuerst auftreten, die höher organisirten erst später hinzukommen. Vorzugsweise ist das deutlich bei den Fischen, Cephalopoden und Insecten nachgewiesen. Allerdings zeigen sich im Einzelnen, wenigstens scheinbar, auch Rückschritte der Organisation; solche sind aber der Darwinschen Theorie vollkommen entsprechend. Nur für die Gesammtheit der Organismen ist ein Fortschritt zum Höheren und Mannigfaltigeren nothwendige Folge derselben.

Lyell's Theorie von der steten Umwandlung ohne Fortschritt wird dadurch wesentlich umgestaltet, wie dieser grosse Reformator der Geologie selbst anzuerkennen scheint.

Es verhält sich ganz ähnlich mit der Annäherungsreihe. Die ältesten fossilen Organismen sind durchschnittlich die am meisten von den jetzt lebenden Species abweichenden. Sehr viele lassen sich nicht einmal in die jetzigen Genera oder Ordnungen unterbringen, weil sie zu sehr von allen lebenden Formen verschieden sind. Das ist nach Darwin's Lehre sehr begreiflich, da die Umgestaltungszeit für sie die grösste ist. Die Umgestaltung ist gewöhnlich, aber nicht nothwendig, der Zeit proportional, und wenn einzelne Organismen der Art waren, dass sie sich ohne sehr wesentliche Abänderung unter den stetig veränderten Lebensbedingungen dennoch erhalten konnten, so ist es auch begreiflich, dass sie sich nur so wenig veränderten, wie z. B. einige Species der Genera *Lingula, Crania, Discina* und *Rhynconella*. Man hat es für eine nothwendige Consequenz der Darwin'schen Theorie erklärt, dass sich

wenigstens im fossilen Zustande die Zwischenstufen der Speciesumwandlung auffinden lassen müssten, und den Mangel solcher Uebergangsformen als Beweis gegen die Theorie benutzt. Zunächst hat nun aber Darwin selbst bereits gezeigt, dass die Umwandlungsstadien oder Zwischenformen stets schneller verschwinden, als die den Umständen entsprechenden, in gewissem Grade fixirten Arten. Jene sind eben nur Anfänge um das nothwendige Ziel zu erreichen; ist es erreicht, so sterben die Versuche aus, und es erhält sich die neue Form so lange ihr die Lebensbedingungen entsprechen. Schon dieser Umstand lässt erwarten, dass auch unter den Versteinerungen die Uebergangsstadien weit seltener sein müssen als die in ihrer Art festen Species. Hierzu kommt aber noch die grosse Unvollständigkeit der Auffindung fossiler Organismen, sowie als ganz besonders einflussreich die grosse Neigung der meisten Paläontologen, jede Variation als eine besondere Species darzustellen. Unzählige Zwischenstadien mögen in solchen willkürlichen Species verborgen sein. Es ist in diesem Falle leicht und verführerisch, einen neuen Namen zu geben, und damit einen wesentlichen, in Wirklichkeit nicht existirenden Unterschied zu behaupten, da nur selten ein zweiter Forscher dasselbe Material genau revidirt, und da überdies bei der theilweisen Unvollständigkeit aller fossilen Organismen der Gegenbeweis schwerer fällt als bei lebenden. Trotzdem sind viele solche willkürliche Trennungen bereits als unbegründet erkannt worden, und sicher wird eine weit grössere Zahl dasselbe Schicksal noch erreichen. Die neueste Zeit hat in dieser Beziehung bereits aufzuräumen angefangen, aber noch ein wahrer Augiasstall voll schlecht begründeter Arten liegt vor, und der Unfug, sehr unvollständige Exemplare als neue Species in die Welt einzuführen, ist leider noch immer sehr verbreitet. Wer dagegen ankämpft, kämpft zugleich gegen eine empfindliche Seite der Autoren, die höchst ungern ihr Pathenzeugniss hinter den Kindern ihrer Laune verschwinden sehen. Wir dürfen nicht vergessen, dass auch die zuverlässigsten Bearbeiter dieses Gebietes stets eifrigst nach scharfen Unterschieden gesucht haben;

hätten sie sich mit demselben Eifer bemüht, Uebergänge zu finden, so würde ihnen das in vielen Fällen weit leichter gelungen sein, da sie trotz ihres Widerstrebens diese nicht immer in Abrede stellen.

Davidson hat in seiner Monographie *„On the british Brachiopoda"* gezeigt, dass die Genera *Lingula, Crania, Discina* und *Rhynconella* mit sehr geringen Modificationen von den silurischen Ablagerungen bis in die lebende Schöpfung heraufreichen, während andere Brachiopoden sehr bedeutende Umgestaltungen erlitten haben. Aber er hat sich zugleich genöthigt gesehen, 260 Species der Kohlenperiode auf 100 zu reduciren, denen er 20 von ihm neu begründete hinzufügte. Von vielen jener früheren Species wies er nach, dass es eben nur Uebergangsformen zwischen zwei, auch von ihm früher für getrennt angesehenen Species sind. Ganze Reihen von Uebergängen stellen sich heraus, wenn man nur genug Individuen mit einander vergleicht. Das ist nur ein Beispiel, deren ähnliche schon viele bekannt sind, und deren Zahl durch genaue Untersuchung einer hinreichenden Menge gut erhaltener Exemplare verwandter Arten von mehreren Fundorten sich gewiss stets vermehren wird. Wenn wir irgend ein gutes Handbuch der Versteinerungslehre durchgehen, finden wir an zahlreichen Stellen Zweifel über die Abgrenzung der Genera und der Species ausgesprochen, die eben so gut aus einem wirklichen Uebergang der Formen als aus unvollkommener Kenntniss der Thatsachen entspringen können. Jedenfalls ergiebt sich daraus, dass unsere gegenwärtige Kenntniss der fossilen Organismen eine sehr unvollständige ist und durchaus nicht lauter gut abgegrenzte Arten darstellt, wohl aber zahlreiche, wenn auch lückenhafte Entwickelungsreihen von Formen.

Wählen wir beispielsweise einige Abschnitte aus Quenstedt's Petrefactenkunde zu einer solchen Musterung. Sie sind noch aus der ersten Auflage entnommen, aber die zweite widerspricht ihnen nicht. Ich beginne mit den Cephalopoden, weil gerade auf diesem Gebiet sich der Verfasser durch selbstständige genaue Untersuchungen ausgezeichnet hat.

Digitized by Google

Ammonites capricornus, eine sehr verbreitete und zugleich sehr charakteristische Ammonitenform, bildet dennoch den Ausgangspunkt für zahllose Varietäten, die z. Th. verschiedene Namen erhalten haben, in Wirklichkeit aber nur eine Uebergangsreihe darstellen, welche z. Th. der zeitlichen Aufeinanderfolge entspricht.

Ammonites amaltheus, sicher eine treffliche Species, verläuft dennoch in zahlreiche Varietäten, die nur durch eine gemeinsame Tracht zusammengehalten werden.

Ammonites oxynotus könnte leicht in verschiedene Species zerfällt werden, deren einige sich schon den Amaltheen nähern, die aber doch alle durch Uebergänge fest verbunden sind.

Bei *Ammonites radians* variirt die Gestalt der Loben ausserordentlich; je nachdem diese Abweichungen in tieferen oder höheren Schichten des schwarzen Jura auftreten, hat man verschiedene Species daraus zu machen versucht.

Aus *Ammonites lingulatus* könnte man nach Quenstedt wohl zehnerlei sogenannte Species machen.

Ammonites Parkinsoni, so bezeichnend für den braunen Jura, variirt so ausserordentlich, dass man diese Art füglich als eine Gruppe zusammengehöriger Species ansehen kann.

Die planulaten Ammoniten, welche die ganze Juraperiode durchlebt haben, sind zwar als Gruppe gut erkennbar, ihre Species verlaufen aber alle in einander.

Die *Rhotomagenses* der Kreide verhalten sich ähnlich; besonders ihre grossen, ausgewachsenen Exemplare können kaum noch als sichere Species von einander getrennt werden, obwohl sie viele Verschiedenheiten zeigen.

Sämmtliche Gruppen oder Familien, in welche man die Ammoniten überhaupt gebracht hat, sind nicht scharf zu trennen, jede Gruppe enthält einzelne charakteristische Arten; legt man nur diese in eine Reihe, so glaubt man auffallende Sprünge vor sich zu haben, legt man aber alle bis jetzt bekannten Mittelformen dazwischen, so zeigen sich die Uebergänge der Formen, und die Sprünge werden sehr klein. So gross auch ihr Wechsel nach den geologischen Zeiträumen überhaupt ist,

so reichen doch einzelne Arten, wie z. B. *Ammonites heterophyllus,* durch mehrere solche Zeiträume hindurch. Am Ende ihrer Periode haben die Ammoniten die regelmässige Spirale verlassen, als Scaphiten, Hamiten, Baculiten u. s. w.; diese Abweichungen von der Normalform sind höchst auffallend, aber einige dieser Krüppelformen zeigen im Uebrigen doch noch ganz die Charaktere gewisser regelmässiger Ammonitenarten, dergestalt, dass man einzelne Bruchstücke nicht zu unterscheiden vermag.

Die Familie der Belemniten hat durch ihre Formenübergänge zu einer endlosen Trennung von Species Veranlassung gegeben. Raspail hatte aus einer dieser Formengruppen 43 verschiedene Species gemacht, welche d'Orbigny, der selbst sehr zur Trennung von Species geneigt war, alle wieder unter dem Namen *Belemnites dilatatus* vereinigte.

Unter dem Namen *Melania* sind eine grosse Zahl von Schnecken verschiedener Formationen vereinigt worden, deren Steinkerne eine specifische Bestimmung eigentlich gar nicht zulassen, bei denen es oft sogar unsicher ist, ob man sie nach den üblichen Begriffen einem Genus zurechnen kann; wie sollte man in solchen Fällen die etwa vorhandenen Uebergänge zu erkennen vermögen? Die zahlreichen Species von *Turritella* welche nach und nach aufgestellt wurden, stehen einander z. Th. so nahe, dass eine sichere Abgrenzung derselben unmöglich wird.

Turbo und *Trochus* sind zwei Genera die vollständig in einander übergehen, obwohl die bekannten Species sich so ziemlich trennen lassen.

Die geologisch alten Pleurotomarien hat man als besonderes Genus unter dem Namen *Bellerophon* von den neueren abgetrennt; die zahlreichen Arten des Kohlenkalkes sind aber einander z. Th. so ähnlich, dass sie nicht sicher von einander unterschieden werden können. Auch zwischen *Pileopsis* und *Patella* ist nach Quenstedt keine scharfe Grenze zu ziehen.

Wie bei den Cephalopoden die symmetrischen, also einförmigeren, zuerst auftreten, so auch bei den Bivalven, welche mit den Brachiopoden beginnen.

Von den Varietäten der *Terebratula lacunosa* sagt Quenstedt: *Terebratula lacunosa decorata* bildet den unmittelbaren Uebergang zu *Terebratula lacunosa sparicostata*, welche auf dieser Stufe vollkommen der *triplicosa* entspricht; die Falten werden ganz grob, 4—2 auf dem Wulst. Ja bei einzelnen erhebt sich der Wulst wie bei *acuta*, und doch ist es ohne Zweifel eine *lacunosa*. Zwar lässt sich nicht leugnen, dass die sparicosten getrennt von den multicosten gern in besonderen Revieren vorkommen, doch gehören beide mit Entschiedenheit einer einzigen Speciesgruppe an, über deren Bestimmung der aufmerksame Beobachter nur selten irrt. Aber was wird aus unseren Species, wenn solche Modificationen sich in festen Grenzen aufweisen? Auch *inconstans*, *sinosa*, *diphya* und *lagenalis* variiren gewaltig. Von *Terebratula trigonella* des weissen Jura kommt eine kleinere Varietät schon im Muschelkalk vor.

Terebratula angusta des Muschelkalkes ist der *Terebratula pala* des Jura höchst ähnlich, und von beiden unterscheidet sich kaum *Terebratula altitorsata* der Silurformation.

Terebratula biplicata reicht mit kleinen, nicht bestimmt abgrenzbaren Modificationen, die allerdings besondere Namen erhalten haben, aus dem braunen Jura bis in die Tertiärzeit. Unter dem braunen Jura könnte man auch noch *Terebratula vulgaris* des Muschelkalkes als einen Vorfahren ansehen, der wieder mit *elongata* und *lingulata* sehr verwandt ist.

Die Spiriferen des Muschelkalkes bilden nach Lage und Form eine Vermittelung oder einen Uebergang zwischen denen des Kohlenkalkes und des schwarzen Jura.

Das Heer der Austernspecies, welches von der Secundärperiode an fast stetig zugenommen hat, zeigt zwar enorme Verschiedenheiten der Einzelformen, diese sind aber durch so zahlreiche Zwischenformen mit einander verbunden, dass es für die fossilen geradezu unmöglich wird, die einzelnen Species scharf von einander zu unterscheiden. Dazu verzweigt es sich aber noch durch fast ganz allmälige Uebergänge in die Genera *Gryphaea* und *Exogyra*.

Das ausgestorbene Geschlecht *Gervilla* scheint mit der Zeit, und sehr allmälig, zu dem lebenden *Perna* geworden zu sein.

In ähnlicher Weise wie bei *Ostrea* sind auch bei *Inoceramus* die zahlreichen Arten kaum scharf zu trennen, und seine Vorfahren kann man füglich in den älteren *Posidonomyen* voraussetzen, welche von der Grauwackenperiode bis zur Juraperiode ihre Gestalt kaum merklich verändert hatten.

Trigonia clavellata umfasst wieder eine ganze Gruppe von Varietäten oder, wenn man will, Species.

Die Crinoideen liefern ebenfalls treffliche Beispiele der Formenänderung in den auf einander folgenden Zeiträumen, welche theilweise den Lebensstadien der Individuen entsprechen, und an den Stielgliedern von *Encrinus* zeigen sich bei denselben Individuen so wesentliche Abweichungen, dass man sie, getrennt aufgefunden, sicher verschiedenen Species zurechnen würde.

In seinem „Sonst und Jetzt" spricht sich Quenstedt — nachdem er nachgewiesen, dass man aus *Paludina* (oder *Valvata) multiformis* eine ziemliche Zahl von Arten machen könnte und sicher gemacht haben würde, wenn man nicht alle diese Uebergänge, die er durch nachstehende Abbildung erläutert, alle beisammen fände — wie folgt, über die Speciesfrage aus:



Fig. 4. Uebergänge der ausgestorbenen *Paludina multiformis* von Steinheim.

„Nun wird zwar behauptet, Alles, was durch Uebergänge verbunden sei, gehöre zu einer Species. Das klingt schön, ist aber nicht wahr, denn nur Material genug, und es wird an Formübergängen vielleicht nirgends fehlen. Lamark hat das schon behauptet. Freilich ein betrübtes Geständniss, aber man kommt sich bei solchen Sachen vor, wie Kinder, die spielen. Nun werden zwar, je höher wir in der Stufenleiter der Organismen hinaufsteigen, die Formen immer voller, die Organe mannigfaltiger, das Interesse wächst schon wegen der Grösse und des Nutzens der Geschöpfe, alle möglichen Hilfsmittel der Anatomie und Physiologie werden zu Rathe gezogen, Betragen

und Lebensart beobachtet, ja, wo es angeht, Kreuzungs- und Veredlungsversuche gemacht, bis man endlich nach langer Ueberlegung das entscheidende Wort spricht: allein die letzten aus der Form genommenen Gründe leiden bei den höchsten wie bei den niedrigsten Geschöpfen an derselben Ungewissheit, wo man trennen solle oder nicht. Die Idee der Species, die gewiss durch das ganze Naturreich nur eine ist, verfällt damit der Willkür und der Ungleichheit. Denn man darf sicher behaupten, wären Neger und Kaukasier Schnecken, so würden die Zoologen mit allgemeiner Uebereinstimmung sie für zwei ganz vortreffliche Species ausgeben, die nimmermehr durch allmälige Abweichungen von einem Paar entstanden sein könnten."

Ich könnte diese Beispiele für die Unsicherheit der Bestimmung und Abgrenzung fossiler Arten, für die Verbindung ungleicher Formen durch Uebergänge, sowie von wahrscheinlichen Abstammungsreihen gewisser Formen, leicht um ein Vielfaches vermehren, aber ich müsste besorgen, dadurch den Freunden der Darwin'schen Lehre langweilig zu werden, die Gegner derselben aber doch nicht zu bekehren, da sich in solchen Streitfragen stets wieder Gründe und Einwände der verschiedensten Art auffinden lassen. Ueberhaupt bin ich der Meinung, dass der Sieg Darwin's über seine Gegner nur ein sehr langsamer sein wird und sein kann. Es ist das auch durchaus nicht zu bedauern, denn nichts regt mehr zu gründlichen Untersuchungen an als ein Problem dieser Art, dessen hohe Bedeutung selbst von allen Gegnern anerkannt wird.

Da, wie wir gesehen haben, sehr oft Uebergangsstadien zu besonderen Arten oder selbst Geschlechtern gemacht worden sind, so ist es begreiflicher Weise ganz unzulässig, aus dem scheinbaren Mangel der Zwischenstufen auf ihr wirkliches Fehlen zu schliessen, und damit Darwin's Theorie zu bekämpfen. Es ist das ein ganz ähnliches Verfahren wie dasjenige, welches man zu Gunsten der Hypothese eingeschlagen hat: jede geologische Periode habe ihre ganz besondere Flora und Fauna gehabt, die einer selbstständigen Schöpfung entspreche, und mit keiner Art in die vorhergehende oder nach-

folgende Periode hinein reiche. Man gab nämlich den fossilen Conchylien oder anderen Versteinerungen oft nur deshalb ungleiche Speciesnamen, weil sie in ungleichen Formationen gefunden worden waren, obwohl sie eigentlich gar nicht von einander zu unterscheiden sind, wie z. B. *Posidonomya Becheri* und *Bronnii*. Dann aber stützte man sich auf die ungleichen Benennungen, und behauptete, jede Formation enthalte die Ueberreste einer, von der vorhergehenden und nachfolgenden ganz verschiedenen Schöpfung; keine Art habe ein Formationsalter überdauert. Was man einem Formationsalter zurechnet, hängt aber stets von localer Abgrenzung oder Lückenhaftigkeit der Reihe ab, und fast innerhalb jeder einzelnen Formation liesse sich mit ähnlichem Recht eine unbestimmte Anzahl von Unterabtheilungen oder selbstständigen Schöpfungen unterscheiden. Ein Vorurtheil veranlasste die willkürliche Trennung und ungleiche Benennung, und diese stützten nachträglich dasselbe Vorurtheil.

Formenübergänge der Species sind also in der That vorhanden, wenn sie auch noch nicht in allen Fällen nachgewiesen wurden. Dass sie nicht noch häufiger gefunden wurden, mag in der Lückenhaftigkeit unserer Kenntniss der allgemeinen Schichtenreihe sowie der darin enthaltenen Versteinerungen, und in der Art ihrer Auffassung liegen.

Man muss zugeben, dass zwischen den grösseren Abtheilungen, z. B. den Classen des Thierreiches, die verbindenden Glieder auch im fossilen Zustande noch sehr fehlen; indessen fangen doch auch diese Lücken an, sich auszufüllen. Einige der ältesten Fische erinnern z. Th. noch sehr an Crustaceen, oder schon an Schildkröten; ihr äusserer Panzer herrscht über das innere Skelett vor, so bei *Pterichthys;* die Fischsaurier vermitteln, freilich ohne eigentlichen Uebergang, die Classe der Fische und Reptilien, und der merkwürdige *Archaeopterix* von Solnhofen ist von Andreas Wagner anfangs für ein Reptil gehalten, dann aber übereinstimmend als ein Vogel mit reptilienartigem Schwanz erkannt worden. Wenn gerade für die höchsten Classen des Thierreiches, für die Vögel und Säugethiere, ver-

bindende Glieder noch am meisten fehlen, so dürfen wir nicht vergessen, wie äusserst selten ihre Reste in älteren Ablagerungen gefunden werden, während vereinzelte Spuren derselben doch bis in die Triasperiode hinabreichen. In den weit verbreiteten, mächtigen und sehr gut durchsuchten Ablagerungen der Kreideperiode ist noch gar nichts davon aufgefunden worden, obwohl wir aus den vereinzelten älteren Resten doch ganz sicher schliessen müssen, dass es während der Kreideperiode bereits Vögel und Säugethiere auf der Erde gab. Wie äusserst lückenhaft zeigt sich da also unsere Kenntniss.

Dass die uns zugänglichen fossilen Organismen noch sehr grosse Lücken von Unbekanntem zwischen sich offen lassen, geht demnach unzweifelhaft aus ihrem Studium hervor. Diese Lücken bestehen aber auch innerhalb der sogenannten Formationen, und sind überhaupt der Art, dass sie nicht auf periodische Unterbrechungen und Neubildungen des organischen Lebens schliessen lassen, sondern nur auf Unvollkommenheiten der Beobachtung.

Der berühmte Kenner fossiler Pflanzen, Göppert, hat in den Sitzungsberichten der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur, rücksichtlich der fossilen Pflanzen die Lehre Darwin's als unhaltbar darzustellen versucht; aber unter den Thatsachen welche er anführt, ist keine, welche einer richtigen Auffassung dieser Theorie widerspricht. Aus einer Schlussbemerkung scheint dagegen hervorzugehen, dass er Darwin nicht richtig verstanden hat, wenn er sagt, es lasse sich nicht begreifen, wie so verschiedene Formen in gerader Linie von einander abstammen könnten, während Darwin eine Abstammung in gerader Linie durchaus nicht voraussetzt, sondern vielmehr eine stete Aenderung oder Spaltung der Arten nach verschiedenen Richtungen, oft mit scheinbaren Rückschritten der Organisation.

Es ist gegen Darwin angeführt worden, dass in einer zusammengehörigen Schichtenreihe die neuen Species ohne Uebergänge zuweilen kurz auf einander folgen. Dieses „kurz" ist aber nur räumlich sicher; wie viel Zeit zwischen der Bildung

zweier Schichten mit ungleichem organischen Inhalt verstrich, oder welche locale Aenderungen inzwischen eintraten, ist nur in seltenen Fällen annähernd zu bestimmen. Bei der Beschreibung der unterjurassischen Ablagerungen der Schamhelen im Canton Aargau hat Heer trefflich nachgewiesen, wie es kam, dass diese kurz auf einander folgenden Ablagerungen so ungleiche organische Reste enthalten, weil in diese Bucht bald das Meer stürmisch eindrang, bald die einmündenden Flüsse das vorherrschende Material zuführten, oder vorliegende Barren den Zutritt mancher Meeresorganismen verhinderten. Während der ganzen Dauer dieser Ablagerungen braucht nicht eine einzige Species, weder auf dem Lande noch im Meere, neu entstanden zu sein; der Wechsel der Arten in den Schichten erklärt sich ganz einfach aus kleinen Aenderungen der Bodengestaltung. In hundert anderen Fällen fehlt noch eine solche befriedigende Erklärung, und der schnelle Artenwechsel erscheint dann höchst auffallend; dass er so schnell nirgends wirklich und im wahren Sinne eingetreten sei, ergiebt sich aber aus der Gesammtheit der geologischen Verbreitung der Species.

Alle geologischen Gegner der Darwin'schen Theorie vergessen, wie gesagt, zu sehr die Grösse der Zeiträume und die Unvollkommenheit des vorliegenden Materials. Die Lücken des letzteren erscheinen ihnen als Lücken in der Reihe. Wo solche Lücken in der Reihe der Ablagerungen besonders gross sind, da hielt man sich berechtigt, Schöpfungsperioden abzugrenzen, während doch diese Lücken anderwärts vollständig ausgefüllt sein mögen; aber selbst die unmittelbar auf einander folgenden Schichten derselben Formation stellen ebenfalls nur ein relativ vollständiges Bild der Zeit dar.

Oswald Heer hat in seinem ausgezeichneten Werk: „Die Urwelt der Schweiz“, eine so treue, scharfsinnige und geistvolle Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens in dieser Erdgegend geliefert, dass sie trotz der Lückenhaftigkeit der Reihe, und z. Th. gerade durch diese, zum trefflichen Prüfstein der Lehre Darwin's wird. Heer selbst zieht zwar daraus, unter voller Anerkennung des Werthes der Darwin'schen Arbeit, etwas

davon abweichende Schlüsse. Während er die Entstehung der Arten aus einander zugieht, zieht er es nämlich vor, die Umgestaltung nicht langsam, sondern schnell vollziehen zu lassen, und sie eine Umprägung der Formen zu nennen. Damit erhalten wir ein neues Wort, auch eine neue Ansicht, aber sicher keine Erklärung. Der Vorgang bleibt so räthselhaft wie vorher; es wird dadurch einer gewaltsamen schöpferischen Thätigkeit übertragen, was nach Darwin sich einfach im Lauf der Natur vollzieht, und nichts als die Folge allgemeiner Naturgesetze ist.

Aber Heer's Buch ist so lehrreich und so wichtig, dass ich der Versuchung nicht widerstehen kann, hier einige Beispiele aus der Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens in der Schweiz im Lichte der Darwin'schen Lehre zu zeigen und als geologische Beweise für dieselbe zu benutzen.

Der Wechsel klimatischer Zustände in Verbindung mit anderen Lebensbedingungen musste nothwendig von grossem Einfluss auf den Wechsel der Arten sein. Heer schildert in seinem ersten Kapitel das organische Leben während der Steinkohlenperiode, nicht nur in der Schweiz, sondern so ziemlich auf der ganzen Erde. Eine üppige, aber einförmige und blüthenlose Vegetation bedeckte, wo wir jetzt die Steinkohlenformation abgelagert finden, einen sumpfigen Boden, über welchem sich eine dickere Atmosphäre ausdehnte. Die vorherrschend kryptogamischen Gewächse waren damals auf der europäischen wie auf der amerikanischen Erdhälfte vom 45. bis zum 78. Grad nördlicher Breite unter sich kaum verschieden. Das Klima muss ein sehr gleichförmiges vom Aequator bis zu den Polen gewesen sein, die Sonnenwirkung überall eine sehr geringe im Vergleich zur Mitteltemperatur der Oberfläche. Nebel und Wolken schwächten sogar die Lichtstrahlen, schon deshalb konnten keine Blüthenpflanzen gedeihen, und unter den wenigen Insecten deren Ueberreste man aus dieser Zeit kennt, herrschen die nächtlichen Thiere, die Kakerlaken und die Termiten vor. Dennoch lassen sich unter so abweichenden klimatischen Zuständen bereits Vorfahren unserer heutigen

Pflanzenarten erkennen; am deutlichsten in den *Nöggerathien,* deren directe Nachkommen unsere Sagobäume sein dürften. Auch die *Farren, Equiseten* und *Lycopodien* waren bereits in grosser Mannigfaltigkeit, und z. Th. jetzt lebenden Geschlechtern anpassend, vorhanden; zu diesen bekannten Formen gesellten sich aber die weit fremdartigeren Gestalten der Sigillarien, die ohne erkennbare Nachkommen erloschen zu sein scheinen.

Die Schaben und Termiten der Steinkohlenperiode, die ältesten Insecten die man überhaupt kennt, zeigen als Urtypen der Orthopteren und Neuropteren eine merkwürdige Verbindung dieser, jetzt weit schärfer von einander getrennten Gruppen; es besitzen nämlich auch die Flügel mehrerer Schaben jener frühen Periode ein netzförmiges Zwischengeäder, welches denen der Juraperiode bereits fehlt. Hier liegt also ein Fall vor, in welchem die Trennung zweier Abtheilungen mit der Zeit eine grössere und schärfere geworden ist. Das entspricht durchaus der Theorie Darwin's.

Während Einige den grossen Unterschied der organischen Reste verschiedener sogenannter Schöpfungsperioden gegen Darwin hervorheben, haben Andere, wie schon bemerkt, den schnellen Wechsel der Arten in den unmittelbar über einander liegenden Schichten derselben Formation als Gegenbeweis zu benutzen versucht. Die getrennten Schöpfungsperioden lassen sich aber kaum noch aufrecht erhalten, wenn in ihnen selbst sich ein steter Artenwechsel vollzieht; sie hätten nur dann einen Sinn, wenn sie lauter unter sich zusammengehörige Arten enthielten, welche einen Zustand repräsentirten, der von dem vorhergehenden und nachfolgenden ganz unabhängig wäre. Trat innerhalb der sogenannten Schöpfungsperiode ebenfalls ein steter Artenwechsel ein, dann unterscheiden sich zahllose kleine Perioden höchstens noch durch den Grad der Verschiedenheit von den grösseren. Sollte in beiden Fällen wirklich jede Verbindung durch Uebergangsformen fehlen, so wäre das entweder ein Beweis für unzählige Schöpfungsperioden oder für die Lückenhaftigkeit unserer Beobachtungen. In dieser Beziehung ist Heer's Schilderung der Kreidefauna von St. Croix im Canton Waadt von

besonderem Interesse. „Hier liegen in engem Raum alle Kreidestufen vom *Valangien* bis zum *Cenomanien* beisammen, so dass bei Betrachtung der Thiere dieser Gegend die Umwandlungen, welche während dieser Zeit an dieser Stelle des Kreidemeeres vor sich gegangen sind, an unserem geistigen Auge vorüberziehen. Es können dort 13 Lager in der Kreide unterschieden werden, welche in regelmässiger Folge auf einander liegen. Wir haben also hier von dem grossen Buche der Natur 13 Blätter, welche das Kapitel der Kreide behandeln, in ihrer natürlichen Reihenfolge vor uns. In allen sind durch die Versteinerungen welche sie enthalten, zahlreiche Documente eingetragen, welche uns über die Geschichte dieser Gegend Aufschluss geben. Zur Zeit sind nur die Rückgratthiere und die Kopffüssler genau bearbeitet, so dass nur diese berücksichtigt werden können. Vor Allem muss hervorgehoben werden, dass keine einzige Art durch alle Stufen hindurch reicht. Nach Pictet hat eine sechsmalige Erneuerung der Arten stattgefunden. Die Arten haben daher auch innerhalb der Kreidezeit ein begrenztes Alter; neue Arten erscheinen und verschwinden wieder, um anderen Platz zu machen. Einzelne Arten gehen wohl durch zwei, selbst drei Stufen hindurch, und erscheinen dann öfters in der ersten nur selten (als Vorläufer), während sie in der zweiten in einer Fülle von Individuen sich entfalten, um dann allmälig oder auch plötzlich zu erlöschen. Andere Arten die neu erscheinen, sind zwar in einzelnen Merkmalen von denen der früheren Stufe verschieden, stehen ihnen aber doch so nahe, dass sie wahrscheinlich von denselben abstammen und als homologe Arten bezeichnet werden können."

Da ein so schnellller und vielfacher Wechsel anderwärts den gleichzeitigen Ablagerungen der Kreideperiode nicht eigenthümlich ist, so muss er wohl hier durch besondere locale Umstände bedingt sein, die man noch nicht kennt. Wollte man aus solchen localen Erscheinungen auf allgemeine Aenderungen schliessen, so würde man wahrscheinlich sehr irren. Mehrfacher Wechsel der Zustände in einem langen Zeitraum mag in solchen Fällen nöthig sein, um Darwin's Lehre damit vereinen

zu können; es liegt aber auch gar kein Grund gegen diese Annahme vor, und die Erscheinung würde ausserdem ohnehin mit den gewöhnlichen Erfahrungen nicht in Einklang stehen. Wir haben bereits gesehen, dass für die Schambelen ein ganz ähnlicher Fall durch Heer selbst sehr befriedigend erklärt wurde.

Ausserordentlich lehrreich ist der Abschnitt über die fossile Fauna und Flora der eocänen Flyschformation. Die sogenannten Matterschiefer im Canton Glarus enthalten die Ueberreste von 53 Seefischarten, 2 Seeschildkröten und 2 Vögeln, ausserdem aber gar keine deutlichen Versteinerungen, während sich in den übrigen Flyschbildungen der Schweiz, wenn man die darüber folgenden Nummulitengebilde ausschliesst, nur noch Reste einiger Meerespflanzen vorfinden.

Aus diesen Organismen geht deutlich hervor, dass der gegen 5000 Fuss mächtige Flysch des Cantons Glarus ziemlich entfernt vom Ufer, in einem sehr tiefen Meere abgelagert worden ist, da er gar keine Reste von Küstenbewohnern enthält. Alle die vielen Fische gehören aber merkwürdiger Weise lauter Species an, die man noch in keiner anderen Erdgegend aufgefunden hat. Obwohl die fischreichen Schichten des *monte Bolca* in Oberitalien ebenfalls einem nur wenig jüngeren Abschnitt der Eocänzeit angehören, so stimmt doch kein einziger ihrer Fische mit einem der Matterschiefer überein.

Wir sehen da also eine reiche fossile Fischfauna vor uns, die offenbar in einem sehr ausgedehnten Meere während einer langen Periode existirt haben muss, ohne dass bis jetzt in irgend einer anderen Gegend die geringsten Spuren davon aufgefunden worden sind. Man kennt in Europa an vielen Orten Ablagerungen von ähnlichem Alter, in ihnen auch Fischreste, aber keiner stimmt mit einem Matterfisch überein. Nun ist es jedenfalls klar, dass eine so artenreiche Meeresfischfauna zu ihrer Zeit nicht auf einen ganz unverhältnissmässig kleinen Raum beschränkt sein konnte, es folgt somit daraus, dass unsere Kenntniss der Ablagerungsreihe und ihres organischen Inhaltes in diesem Falle noch ausserordentlich lückenhaft sein muss. Wenn das aber in einer Erdgegend vorkommen kann,

Digitized by Google

die zu den geologisch sorgfältigst durchforschten gehört, welche gewaltige Lücken oder scheinbare Sprünge müssen wir danach für die Gesammtreihe aller Ablagerungen auf der Erde erwarten! Auch wer Darwin's Theorie für unrichtig hält, muss diese und viele ähnliche Lücken unserer Kenntniss zugeben, denn es ist absolut undenkbar, dass 53 Fischspecies nur in einem so kleinen Bereich entstanden und wieder ausgestorben sein sollten. Derartige Lücken in unserer Kenntniss nöthigen aber jedenfalls zur grössten Vorsicht bei Beurtheilung der Gesammtreihe auf einander folgender Ablagerungen und ihres organischen Inhaltes; sie lehren, dass man den mangelhaften Zustand unserer Kenntniss dieser Reihe nicht als Beweis gegen eine Theorie verwenden darf, welche im Allgemeinen den geologischen Erfahrungen entspricht.

Auch der Sprung welcher zwischen den Organismen der obersten Kreidebildungen und den Nummulitenschichten der Alpen besteht, kann hiernach nicht mehr überraschen. Im Uebrigen entsprechen die Fischformen der Schiefer von Glarus vollständig der Lehre Darwin's, in so fern sie den jetzt lebenden weit ähnlicher sind als alle älteren Fische.

Da die miocänen Tertiärbildungen neben ausgestorbenen auch schon viele lebende Arten enthalten, so eignen sie sich ganz vorzugsweise zur Prüfung von Darwin's Theorie, denn so oft wir zwei ältere Ablagerungen mit einander vergleichen, haben wir zu erwarten, dass uns beide Vergleichsglieder nur ein sehr unvollständiges Bild des Gesammtlebens ihrer Periode gewähren, während in diesem Falle wenigstens das eine Glied aus der lebenden Schöpfung besteht, deren Organismen fast vollständig bekannt sind oder doch aufgefunden werden können.

Die reiche Flora und Fauna der ungemein mächtigen alpinen Molassebildung ist deshalb besonders belehrend für die allmälige Aenderung der Arten, sowie für den Beweis der Unmöglichkeit, unmittelbar auf einander folgende Ablagerungen nach ihren organischen Resten scharf von einander zu trennen, wo nicht ein Wechsel der Zustände solche Trennungen erleichtert hat. Ich werde hier wesentlich nur die Pflanzenreste berücksichtigen.

Heer hat die gesammte Molasse in fünf Altersstufen getheilt. Von den aus der zweiten dieser Stufen bekannten 336 Pflanzenspecies reichen 114 bis in die dritte, und 81 bis in die fünfte hinauf. Da die unterste oder erste Stufe, sowie die dritte, vorherrschend aus marinen Ablagerungen bestehen, so lassen sie sich nicht gleichberechtigt in den Vergleich der Landpflanzen hereinziehen; thut man es dennoch, so ergeben sich natürlich auffallende Unterschiede — scheinbare Sprünge — die aber in Wirklichkeit durch temporär veränderte Zustände bedingt sind, und durch die darüber folgende Stufe z. Th. ausgeglichen werden.

Aus der Gesammtheit der Molassepflanzen ergiebt sich für die Miocänzeit in der Schweiz eine reichere und mannigfaltigere Flora als die gegenwärtige ist, und ein weit wärmeres Klima. Das letztere liefert zugleich die Erklärung für diese scheinbare Ausnahme von einer allgemeinen Zunahme der Mannigfaltigkeit. Eine solche Zunahme bleibt dennoch für die Gesammtheit der Erdoberfläche unverkennbar und in Harmonie mit den stets mannigfaltiger entwickelten klimatischen Zuständen, während die Molasse der Schweiz typische Formen fast aller Erdgegenden enthält. Die Trennung der Localfloren ist seitdem eine etwas grössere geworden, die Mannigfaltigkeit der einzelnen vielleicht etwas geringer.

Die ungemeine Mannigfaltigkeit der Molasseflora wird erst dann recht übersichtlich, wenn man die Lücken berücksichtigt, welche z. B. dadurch nothwendig bedingt sind, dass nicht alle Pflanzenarten sich dazu eigneten, erkennbare Abdrücke zu hinterlassen. Man muss deshalb den Artenreichthum einzelner geeigneter Genera im fossilen und lebenden Zustande vergleichen, und Heer hat auch noch die Ueberreste einer überaus reichen Insectenfauna der Molasse dazu benutzt, die Lücken zu ergänzen, da sich aus vielen Insecten auf die Natur ihrer Nährpflanzen schliessen lässt, die unter den Abdrücken fehlen. So ist es ihm gelungen, für die pliocäne Periode ein ziemlich vollständiges Bild der schweizerischen Flora zu entwerfen. Hiernach scheint sich das Klima während dieses Zeitraumes

sehr allmälig und stetig verändert zu haben, da die älteste Flora der Molasse einen fast tropischen, die jüngste einen höchstens noch subtropischen Charakter erkennen lässt. Die Temperatur hat also etwas abgenommen.

Solchen klimatischen Zuständen entsprechend findet sich eine grosse Zahl von Pflanzenformen, deren Analoga oder nächste Verwandte jetzt in ganz anderen, wärmeren Erdgegenden gedeihen. Darunter sind viele Species, die nach Heer unbedingt als Ahnen von Pflanzen angesehen werden können, die in Amerika, Asien, Afrika und Australien heimisch sind. Einige der Molassepflanzen sind von solchen lebenden sogar nur so wenig verschieden, dass man sie ebenso gut als blosse Varietäten derselben, wie als besondere Arten bezeichnen könnte. Dabei hat sich der fremdartige Charakter der Flora überhaupt ganz allmälig dem gegenwärtigen in Südeuropa genähert. Im Grossen und Ganzen kann man keine bessere Uebereinstimmung mit Darwin's Theorie erwarten, als sie hier vorliegt, aber auch im Einzelnen sind manche Erscheinungen höchst beachtenswerth, von denen ich beispielsweise noch einige hervorheben will.

Glyptostrobus europaeus von Oeningen unterscheidet sich von *Gl. heterophyllus* in Japan und China nur sehr wenig durch die Form der Zapfenschuppen, und kann nach Heer als Stammbaum des letzteren angesehen werden.

Taxodium dubium, dessen fossile Ueberreste von Italien bis nach Orenburg am Ural bekannt sind, und in Nordamerika am Bärenfluss (65° nördl. Br.) gefunden wurden, gleicht fast ganz der Sumpfcypresse *Taxodium distichum* Mexiko's; nur durch die mit schuppigen Blättchen besetzten ausdauernden Zweige weicht die fossile Art etwas von der lebenden ab.

Librocedrus salicornoides der Schweizer-Molasse schliesst sich ganz nahe an *Libr. decurrens* in Californien an.

Die 11 miocänen Kiefernarten der Schweiz entsprechen am meisten amerikanischen Formen, so *Pinus taedaeformis* von Lausanne der *P. taeda*, *P. Saturni* von Locle der *P. patula* Mexiko's, und *P. palaeostrobus* der Schweiz der *P. hepios* und *Hampiana* Amerika's.

Die Gattung *Sequoia*, deren miocäne Species übereinstimmend in ganz Europa, im Felsengebirge, auf Vancouver, am Bärenfluss, in Grönland, in Kamtschatka und auf den Kurilen gefunden worden sind, ist nach Heer sehr wahrscheinlich ein directer Vorfahr der riesigen Mammuthbäume Californiens, die bis 30 Fuss Durchmesser und 320 Fuss Höhe erreichen. Man hat aus letzteren zwar ein neues Genus *Wellingtonia* gemacht, welches aber von den fossilen *Sequoien* nicht zu trennen ist.

Phragmites oeningensis ist sehr ähnlich dem *Arundo Donax* Italiens. Die Rotangpalmen Oeningens erinnern lebhaft an die im tropischen Asien lebenden.

Die Hauptmasse der Pflanzen in der Tertiärzeit bilden die Dikotyledonen, wodurch sich die Flora dieses Weltalters näher an die der Jetztwelt anschliesst als an die der Kreidezeit, sich aber von derselben durch das starke Vortreten der blumenblattlosen Bäume auszeichnet. Es begegnen uns unter derselben Familien, die jetzt Europa ganz fremd sind, nämlich die der Amberbäume, Platanen, Brodfruchtbäume, Nyctagineen und Proteaceen, und andere die in einer viel grösseren Fülle von Arten erscheinen, nämlich die Cupuliferen, die Myriceen, die Ulmen, Feigen- und Lorbeerbäume, wogegen die Familie der Weiden um vieles ärmer an Arten war.

Die miocänen Amberbäume der Schweiz entsprechen am meisten dem *Liquidambar styraciflum* Amerika's und dem *L. europaeum*. Diesem letzteren lässt sich eine der fossilen Arten als Varietät anreihen.

Ungemein häufig müssen während der Miocänzeit in Europa die Platanen gewesen sein; die Species *Platanus aceroides*, die bei Oeningen einen ganzen Wald gebildet zu haben scheint, steht wieder der amerikanischen *Pl. occidentalis* so nahe, dass sie durch die blossen Blätter gar nicht davon unterschieden werden kann; nur die Früchte der lebenden Art sind gegen die Spitze etwas mehr keulenförmig.

Populus Gaudini der unteren Molasse von Lausanne kann nach Heer unbedenklich als Urahn der einzigen jetzt lebenden

Lederpappel *P. euphratica* angesehen werden; die Unterschiede der Blatt- und Fruchtform sind so gering, dass man zweifelhaft wird, ob man sie nicht als blosse Varietät bestimmen soll.

Merkwürdig mannigfaltig waren die Eichen entwickelt; Heer beschrieb 35 Arten aus der Molasse der Schweiz, von denen sich 20 mit europäischen, 13 mit amerikanischen, und 2 mit persischen vergleichen lassen.

Planera Ungeri aus der Molasse ist von *Pl. Richardi* des Kaukasus wieder nur durch eine kleine Abweichung der Frucht zu unterscheiden, und *Ulmus Braunii* von Oeningen ist der lebenden *Ulmus ciliata* sehr ähnlich. Ebenso erinnern lebhaft *Myrcia oeningensis* an *M. asplenifolia* Amerika's, *M. Studeri* an *M. cerifera*, und *M. deperdita* an *M. serrata* vom Cap der guten Hoffnung.

Die 17 Feigenarten, welche sich vorherrschend in der unteren Molasse finden, gleichen weit mehr ostindischen, als europäischen und amerikanischen Arten.

Von den 25 Laurineen, die einen sehr wesentlichen Bestandtheil der Molasse gebildet haben müssen, stimmt *Cinnamomum polymorphum* fast ganz mit dem lebenden Kampferbaum überein, und *Cin. Scheuchzeri* mit dem japanischen Zimmtbaum *(Cin. pedunculatum)*, *Laurus princeps* von Oeningen mit *L. canariensis* von Teneriffa, und *L. Fürstenbergi* von Oeningen mit dem europäischen *L. nobilis*. *Persea speciosa* der Molasse ähnelt *P. indica* der Canaren, und *P. Braunii* der *P. carolinensis* Amerika's.

Sechs Arten *Panksia* der unteren Molasse können nahe mit neuholländischen verglichen werden.

Die Ahorne sind in der Molasse der Schweiz durch mehr Species vertreten, als jetzt in irgend einem Lande der Erde; ihre Mehrzahl ähnelt amerikanischen Species; einige derselben unterscheiden sich sogar nur sehr wenig von solchen, und können füglich als deren Stammältern angesehen werden.

Ich könnte auch diese Beispiele sehr bedeutend vermehren, besonders aus dem Thierleben der Molasse, unterlasse es aber aus den S. 256 angeführten Gründen. Nur eine wichtige Stelle

muss ich hier noch wörtlich aus Heer's Buch wiederholen. S. 344 steht: „Die Uebereinstimmung der miocänen Pflanzenformen mit denen der Jetztwelt reicht nur bis auf die Gattungen, nicht aber bis auf die Arten hinab. Diese sind von den jetztlebenden verschieden, doch sind bei einer beträchtlichen Anzahl die Unterschiede so gering, dass es zweifelhaft sein kann, ob sie zur Artentrennung genügen. Ich nenne sie homologe Arten und halte dafür, dass sie die Urahnen der lebenden Arten seien, welche sonach aus den homologen miocänen hervorgegangen".

Steht nun diese Ansicht eines gründlichen Kenners nicht im vollsten Einklang mit Darwin's Lehre, obwohl sie von einem Gegner derselben ausgeht? Aber diese Gegnerschaft ist fast nur durch eine andere Benennung des Vorganges charakterisirt. Heer nennt Umprägung, was Darwin als Resultat einer allmäligen Umgestaltung darstellt.

Noch einen sehr gründlichen Forscher im Bereich des fossilen Thierlebens möchte ich hier erwähnen. Der leider früh verstorbene Oppel, welcher die Thierwelt der Juraperiode sorgfältiger untersucht hat als irgend ein Anderer, hielt wie d'Orbigny die Species für scharf abgegrenzt und auf ganz bestimmte Schichten beschränkt. Erst gegen das Ende seines Lebens scheint er sich mit begreiflichem Widerstreben von der Richtigkeit der Darwin'schen Lehre überzeugt zu haben, und einer seiner Freunde berichtet darüber: „Wenige Wochen vor seinem Tode öffnete er mir im paläontologischen Museum Münchens die Schublade eines Schrankes, welche in ziemlich vielen Exemplaren die beiden Liasammoniten *A. margaritatus* und *A. spinatus* enthielt. „„Ich bin, sagte er, fest überzeugt, dass die eine Art aus der andern durch langsame Veränderung hervorgegangen ist, und ich hoffe es noch einmal beweisen zu können; aber ich bedarf dazu einer viel grösseren Anzahl von Exemplaren, um durch viele Vergleiche den ganzen Uebergang zu constatiren."" Diese Bekehrung erscheint mir so wichtig, dass ich sie nicht unerwähnt lassen wollte" (Allgem. Zeitg. 1866, Beil. Nr. 32). Wer die beiden scheinbar wohlgetrennten Ammonitenspecies mit einander vergleichen will,

Digitized by Google

findet sie zufällig in Bronn's Lethaea Taf. 22 neben einander abgebildet.

Mir ist im Bereich der geologischen Erfahrungen oder Thatsachen überhaupt kein Fall bekannt, welcher sich als directer Beweis gegen Darwin's Theorie benutzen liesse; im Allgemeinen stehen alle Thatsachen im Einklang mit derselben, und wo im Einzelnen die Uebereinstimmung fehlt, da darf man mit gutem Grund Unvollkommenheit unserer Kenntniss voraussetzen. Vom geologischen Standpunkte ist somit die Theorie jedenfalls nicht zu widerlegen, vielmehr liefert die Geologie zahlreiche Thatsachen zu ihrer Unterstützung.

Für die Geologie ergiebt sich dagegen, wenn man die Theorie als im Allgemeinen richtig ansehen darf, dass die bis jetzt bekannte Reihe der sedimentären Ablagerungen nicht nur sehr lückenhaft sein muss, — was auch aus anderen Thatsachen hervorgeht — sondern dass ein grosser unterer Theil derselben, der Anfang der Reihe, wenigstens ihrem organischen Inhalte nach, noch fast ganz unbekannt ist.

Darwin's Theorie geht in ihrer äussersten Consequenz von einer Art Nullpunkt, einer ersten einfachsten Entwickelung des organischen Lebens aus, worauf auch die bekannte chronologische Aufeinanderfolge der fossilen Organismen deutlich hinweist. Der erste Anfang mag in einer einfachen organischen Zelle bestanden haben, und die Bildung einer solchen aus den vorhandenen Stoffen unter den nöthigen Bedingungen ist kaum räthselhafter als die Entstehung eines Krystalles. Allerdings vermögen wir die Bedingungen für Krystallbildung aus ihren Elementen künstlich herzustellen, die der Zellenbildung noch nicht. Aber warum die Elemente sich zum bestimmten Krystall verbinden, das wissen wir eben so wenig, als warum Zellen, Pflanzen oder Thiere entstanden; es war nur leichter, die Bedingungen für das Eine, als für das Andere aufzufinden. Ein Schritt zu experimenteller Zellenbildung ist indessen doch schon dadurch geschehen, dass es gelungen ist, organische Verbindungen, wie z. B. Protein, aus unorganischen Elementen zusammenzufügen. Es drängt sich bei dieser Gelegenheit auch

noch der Gedanke auf, dass organische Verbindungen wohl überhaupt nicht von Anfang an bestehen konnten, sondern erst seit einem gewissen Stadium der Erdentwickelung, und dass ihre Zahl oder Mannigfaltigkeit sich von da an mit der Mannigfaltigkeit der Umstände oder Bedingungen vermehrt hat und wohl noch vermehrt.

Es liegt kein Grund vor, warum nicht aus der einfachen Zelle sich gleichzeitig, den localen Umständen entsprechend, hätten verschiedene organische Formen oder Species entwickeln können, z. B. gleichzeitig Pflanzen und Thiere, vielleicht sogar verschiedener Art, aber jedenfalls nur solche von niederster Entwickelung, die nicht durch ihre Existenzbedingungen auf bereits vorhandene andere, etwa gar höhere Organismen angewiesen waren.

Wir kennen aber mit Sicherheit noch keine Erdschicht, welche entschieden nur diese, der Theorie entsprechenden ersten Anfänge des organischen Lebens enthielte. Die silurischen Ablagerungen, welche einige Zeit für die ältesten unter allen sedimentären galten, enthalten bereits die Reste einer ziemlich reichen und mannigfaltigen Fauna, in der selbst die Wirbelthiere schon durch Fische vertreten sind, — nur alle höheren Wirbelthiere fehlen noch. Die cambrischen Ablageruugen, welche jedenfalls älter sind, enthalten noch keine Fischreste, aber doch schon mancherlei Meeresconchylien und Crustaceen, woraus sich ergiebt, dass auch sie durchaus nicht den Anfang der Reihe bilden können, dass ihnen vielmehr schon ein sehr langer Zeitraum der Entwickelung des organischen Lebens vorausgegangen sein muss. Nun sind allerdings in neuester Zeit durch Sir W. E. Logan in Canada Schichten aufgefunden worden, welche 18,000 Fuss unter den tiefsten silurischen jener Gegend liegen sollen, und welche noch erkennbare Reste von Foraminiferen enthalten, die man *Eozoon Canadense* genannt hat. Diese Schichten sind z. Th. schon krystallinisch; man hat sie in zwei Abtheilungen gebracht, die Ober-Laurentischen, 1000 Fuss mächtig mit Kalksteineinlagerungen, und die Unter-Laurentischen, wohl 20,000 Fuss mächtig, aus Gneiss, Quarzit,

Conglomerat und körnigem Kalkstein bestehend. Das *Eozoon* findet sich in den krystallinischen Kalksteineinlagerungen. Die 18,000 Fuss mächtigen Ablagerungen zwischen den silurischen und laurentischen, welche ungefähr den cambrischen entsprechen dürften, sind in Canada huronische genannt worden.

Jedenfalls sind diese laurentischen Schichten Canada's, die sich nach v. Hochstetter und Gümbel im böhmischen und bayerischen Wald ebenfalls finden, die ältesten in denen man bis jetzt organische Reste mit erhaltener Form erkannt hat, und die Foraminiferen, zu denen diese Reste gehören, stehen auf einer so tiefen Organisationsstufe, dass man sich damit dem Nullpunkt der organischen Entwickelungsreihe schon sehr genähert hat, wenn sich in denselben Schichten nicht etwa auch noch organische Reste höherer Ordnung nachweisen lassen. Aber selbst wenn *Eozoon Canadense* das höchste Stadium der Organisation während der Ablagerungszeit jener Schichten darstellen sollte, so wäre damit doch immer noch nicht der eigentliche Nullpunkt erreicht, und wir müssen überdies erwarten, dass selbst der ersten organischen Zellenbildung schon eine lange Periode vorausgegangen sei, in welcher zwar Ablagerungen aus Wasser erfolgten, aber noch gar nichts Organisches auf der Erde existirte.

Diese Beobachtungen in Canada stehen zwar, wie erwähnt, nicht mehr ganz vereinzelt da, eine genügende Vervollständigung der allgemeinen Ablagerungsreihe nach unten lässt sich aber darauf doch noch nicht ganz sicher gründen, so wichtig und interessant die Entdeckung an sich ist. Für Darwin's Lehre erscheint sie zunächst als eine Bestätigung. Da aber in den meisten bis jetzt geologisch gut untersuchten Erdgegenden die ältesten Ablagerungen, welche überhaupt der Form nach erkennbare organische Reste enthalten — mögen sie nun silurisch, taconisch, huronisch oder cambrisch genannt werden — sogleich eine ziemlich reiche Fauna, mindestens bis zur Classe der Gliederthiere aufwärts, nachweisen, so geht daraus hervor, dass für die Allgemeinheit der Beobachtungen nach Darwin's Theorie in ihrer äussersten Consequenz hier noch ein Anfang

der Reihe fehlt. Es drängt sich daher die Frage auf: wie ist dieser Mangel zu erklären, und kann er etwa als ein Beweis gegen Darwin angesehen werden?

Mir scheint, die Erklärung ist einfach, und ein Grund gegen Darwin's Theorie darin durchaus nicht zu erblicken.

Unter den sedimentären Ablagerungen mit noch erkennbaren organischen Resten liegen sehr gewöhnlich und oft ausserordentlich mächtig die krystallinischen Schiefer, die wir als Umwandlungsproducte der ältesten Ablagerungen anzusehen haben. In diesen krystallinischen Schiefern ist somit der älteste Theil der sedimentären Gesteinsbildungen vertreten und verborgen. Organische Reste sind in ihnen, mit Ausnahme der angeführten Beispiele, nicht mehr erkennbar, sie sind durch Krystallisation des Materials zerstört, ihre einstige Anwesenheit verräth sich höchstens noch durch Einlagerungen von Graphit und Kalkstein. Ohne sie würde die Entwickelungsreihe des organischen Lebens weit schwieriger zu deuten sein, und zeigte diese uns ihren Nullpunkt überall unverhüllt in noch nicht stark umgewandelten Schichten, so würde es umgekehrt schwieriger sein, die krystallinischen Schiefer durch Umwandlung zu erklären. Beide Thatsachen dienen gegenseitig zu ihrer Erklärung, und wie Darwin's Erklärung der Koralleninseln aufhellend in die Erscheinungen der Eiszeit eingreift, so auch seine Artentheorie in die Entstehung der ältesten Gesteine.

Die Umwandlung hat aber keineswegs überall ein gleiches geologisches Niveau erreicht, nur durchschnittlich scheint sie bis zu den cambrischen oder silurischen Schichten emporgedrungen zu sein. In manchen Gegenden, wie in den westlichen Alpen, reicht sie viel höher herauf, und es ist wohl möglich, dass sie ganz ausnahmsweise jene gewöhnliche Grenze noch nicht erreicht hat; in solchen Regionen hätten wir dann wie in Canada, eozoische und noch ältere sedimentäre Formationen mit einer bis jetzt noch unbekannten fossilen Fauna oder Flora zu erwarten, die uns dem Nullpunkt etwas näher bringen würde. Das allerälteste Sedimentäre ist aber schwerlich irgendwo noch unverändert erhalten.

In den Ostseeprovinzen Russlands könnte man unter den plastischen Thonlagern der Silurformation solche ältere, noch nicht krystallinische Ablagerungen erwarten, da hier zu keiner Zeit eine starke Ueberlagerung stattgefunden zu haben scheint, weshalb der silurische Thon plastisch blieb, und nicht zu Thonschiefer wurde. Wo die untere Grenze dieser sehr alten Ablagerung aufgeschlossen ist, da ruht sie aber unmittelbar auf einer verwitterten Granitoberfläche (Rappakivi), wie erst noch ganz neuerlich die Bohrlöcher in Petersburg gelehrt haben. Hier ist also zufällig keine ältere Ablagerung vorhanden, der älteste Granit blieb unbedeckt bis zur Silurzeit, in dieser erfolgten Ablagerungen, und dann nicht wieder bis zur Diluvialzeit.

Dem Geologen muss sich bei Erörterung der Darwinschen Theorie zugleich die Frage aufdrängen, ob nicht eine ähnliche Umgestaltung und Entwickelung wie im organischen, auch im unorganischen Reich nachweisbar? ob die Theorie nicht mit gewissen Modificationen auch auf Mineralien und Gesteine anwendbar sei? Da alle Gesteine aus Mineralien bestehen, so wird die Beantwortung dieser Frage für beide eine gemeinsame.

Mineralien pflanzen sich nicht wie Organismen durch Keime oder Samen fort; sie entstehen vielmehr aus ihren Elementen überall wo die Bedingungen dafür vorhanden sind. Jede auf Abstammung beruhende Entwickelung fällt demnach für sie hinweg. Da aber die Mannigfaltigkeit der Umstände und Wirkungen im Verlaufe der ganzen Erdentwickelung entschieden zugenommen hat, so ist hierdurch auch eine Zunahme der Mineralspecies bedingt.

Die Bildung gewisser Mineralien und Gesteine war ausgeschlossen, so lange die Temperatur überall eine gewisse Höhe überstieg, die Bildung vieler konnte nicht stattfinden, so lange es kein Wasser auf der Erde gab, die Bildung einiger setzt sogar Pflanzen oder Thiere voraus. Für Gesteine kommt noch hinzu, dass tief plutonische nicht entstehen konnten, so lange die feste Erdkruste nicht eine gewisse Dicke besass, und dass

auch die ältesten vulkanischen wahrscheinlich unter etwas anderen Bedingungen, unter einer dichteren Atmosphäre erstarrten als die gegenwärtigen, was z. B. vielleicht den Mangel sehr alter Basalte erklärt.

Aus dem Allen ergiebt sich auch bei den Mineral- und Gesteinsarten eine Vermehrung oder Zunahme der Mannigfaltigkeit mit der Zeit. Dagegen lässt sich bis jetzt wenigstens noch nicht erkennen, dass eine einmal eingetretene Bildungsweise wieder erloschen sei; es sind keine Mineralien oder Gesteine bekannt, von denen wir voraussetzen müssten, dass sie nur in bestimmten früheren geologischen Perioden gebildet worden wären; wo es so schien, da hat sich gefunden, dass sich die scheinbaren Altersreihen mindestens eben so leicht durch Tiefenunterschiede der Bildungsheerde oder durch Umwandlungsstadien erklären lassen. Wir können daher für Mineralien und Gesteine nicht eine constante Altersreihe, wie für die fossilen Organismen nachweisen, sondern nur locale Altersreihen für jeden Einzelfall, und eine Zunahme der Arten (ohne Erlöschen) mit der Zeit, die sogar bis in die Mineralbildungen durch künstliche Prozesse hereinreicht, in welchen der Mensch selbst Krystalle hervorbringt, die in der Natur gar nicht vorkommen. Wenigstens die jetzt üblichen Gesteinsunterscheidungen lassen keine allgemeine Reihung nach dem Alter zu, wodurch allerdings nicht ausgeschlossen ist, dass man noch Kriterien auffinden kann, die eine Trennung nach dem Alter möglich machen.

Wir dürfen bei der Vergleichung von Mineralien und Organismen nicht vergessen, dass die Formenunterschiede der ersteren in der Regel Hand in Hand gehen mit wesentlichen Stoffverschiedenheiten, was bei den Organismen kaum der Fall ist, und dass Mineralindividuen nicht sterben wie Thiere oder Pflanzen, sondern nur durch äussere Einwirkungen zerstört oder umgewandelt werden können.

Die Darwin'sche Theorie ist nach dem Allen als solche nur auf Organismen, nicht auf Mineralbildungen anwendbar. Aber diese Theorie ist selbst nur die Anwendung unseres Ent-

wickelungsgesetzes (S. 216) auf das organische Leben. Das Gesetz lautet: Die Mannigfaltigkeit ist Folge der Summirung der Einflüsse, nimmt also mit der Zahl und Verschiedenheit der letzteren zu; jedes Frühere bedingt zugleich Späteres. Dieses Gesetz der Differenzirung lässt sich auf die Materie überhaupt (Weltenbildung), auf das Unorganische der Erdbildung, auf die Entwickelung des organischen und selbst des geistigen Lebens anwenden.

Eine grosse Schwierigkeit für die Aufnahme der Darwinschen Lehre besteht offenbar in der Beschränktheit des Zeitbegriffes der meisten Menschen, auch der Naturforscher. Es ist nicht leicht, sich von jeder Zeitbeschränkung loszureissen, und doch ist das durchaus nöthig, wenn fasslich werden soll, dass die ganze ungeheuere Reihe der Organismen durch allmälige Umbildung aus einander hervorgegangen sein könne. Eine Million Jahre erscheint uns sicher schon sehr viel, dieser immense Zeitbegriff schrumpft aber für die vorliegende Aufgabe vielleicht zu einem unerheblich kleinen Zeitraum zusammen. Das Rechnen nach Jahren, Jahrhunderten, oder Jahrtausenden hört da überhaupt auf. Wenn wir uns aber durch die Zeit nicht beschränken lassen, so ist die Erklärung der ganzen Reihe auf einander folgender Formen durch allmälige Umgestaltung nicht schwieriger, als die der Abzweigung einer Varietät von einer Art. Genau genommen tritt in der Geologie überall derselbe Fall ein, nur meist nicht so in die Augen fallend. Um irgend ein Thal durch Auswaschung in der neuesten geologischen Periode zu erklären, oder um irgend eine mächtige Kalksteinablagerung, die—wie die Kreide—aus lauter unsichtbar kleinen Thierschalen zusammengesetzt ist, entstehen zu lassen, müssen wir uns strenggenommen eben so sehr über alle Zeitbeschränkung hinwegsetzen.

Darwin's Lehre führt naturgemäss zu einer ferneren Fortbildung der Arten, denn es ist kein Grund vorhanden, warum dieser Prozess beendet sein sollte. Wenn behauptet worden ist, in historischer Zeit sei nicht eine einzige neue Art entstanden, so ist das eben nur eine Behauptung, die sich aller-

Digitized by Google

dings schwer direct widerlegen, noch weniger aber erweisen lässt. Varietäten und Racen sind in dieser Zeit sicher entstanden und entstehen noch; diese sind es aber gerade, welche Darwin für die Anfänge der Artenbildung erklärt, indem er zugleich nachweist, dass zwischen Varietät und Art keine scharfe Grenze zu ziehen ist. Von einem plötzlichen Auftreten neuer Species kann hiernach überhaupt nicht die Rede sein, der Vorgang ist für die übliche Beobachtung ein unmerkbarer. Und wer verbürgt uns, dass die stets durch neue Entdeckungen vermehrte Artenzahl seit dem ersten Auftreten des Menschen bestanden hat? Wie leicht können neu entstandene Arten für nur neu entdeckte gehalten worden sein; zudem ist die Periode die sich in dieser Beziehung überschauen lässt, nur eine sehr kleine. Dass einzelne Arten in dieser Zeit ausstarben, ist sicher, und wenn dieser Prozess ohne Neubildungen fortdauerte, so müsste ihre Zahl sich stetig vermindern.

Die Wahrscheinlichkeit einer Fortbildung der Art erweckt nothwendig den Gedanken, dass auch der Mensch sich zu einem Wesen noch höherer Art entwickeln könne. Für diesen Fall ist nun aber, wie bereits S. 237 erwähnt wurde, eine ganz neue Reihe der Entwickelungsweise eingetreten. Der Mensch ist der Ausgangspunkt für ein besonderes organisches Reich geworden, welches sich ähnlich über dem Thierreich erhebt, wie dieses über dem Pflanzenreich. Die Fähigkeiten des Körpers werden beim Menschen ergänzt und z. Th. ersetzt durch die des Geistes. Die Entwickelungsfähigkeit des letzteren bildet, neben der Sprache, den grossen Unterschied zwischen Mensch und Thier, während beide im Körperbau nicht wesentlich von einander verschieden sind. Die Thiere haben ihre Schutz- und Trutzwaffen am eigenen Leibe entwickelt, auch die gegen elementare Einflüsse; der Mensch hat diese Nothwendigkeit abgestreift. Er schützt sich je nach dem momentanen oder localen Bedürfniss durch Kleidung, Wohnung und Geräthe, die nicht an seinem Körper haften, und die er den Umständen entsprechend wechselt und umgestaltet. Das sind die Erfindungen seines Nachdenkens; sie ersetzen ihm das Haus der Schnecke,

das dicke Fell des Bären, das Geweih des Hirsches, den Tintenbeutel der Sepia, das Gift der Schlange, das scharfe Auge des Adlers. So lange er gegen feindliche Angriffe einen Panzer brauchte, bediente er sich desselben, gegen Kälte und Wärme schützt er sich durch Feuer, Wohnnng und Kleidung. Zur schnelleu und bequemen Fortbewegung brauchten ihm nicht Flügel zu wachsen; er bedient sich des Rosses, des Schiffes und des Dampfwagens. Fast die ganze Natur hat er sich nach und nach dienstbar gemacht, ihre Wesen wie ihre Kräfte. Nicht seine Glieder brauchten sich umzugestalten, nur der Kopf als Organ des Geistes musste sich entwickeln, nnd wird sich fort und fort entwickeln. Wo die in dieser Richtung höher entwickelten Racen mit den niederen in Conflict kommen, da sterben die letzteren allmälig aus, — zwar langsam, aber sicher, wenn der Unterschied gross ist, — und es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Aussterben der Arten in geologischer Zeit in ähnlicher Weise erfolgte. Auch für die steigende Entwickelung des Intellectes und der durch ihn bedingten Erfindungen gilt übrigens das Gesetz der Summirung; keine Entdeckung geht spurlos verloren, jede wirkt fort, modificirt frühere und erzeugt neue; die Fortschritte unserer Vorfahren bedingen unsere eigenen.

Diese ganz neue Reihe der Umgestaltung ohne so auffallende Aenderung der Form, dass dadurch die Abtrennung einer neuen Species veranlasst wird, ist es also, die den Menschen am wesentlichsten von den Thieren unterscheidet, bei welchen wir nur schwache Anfänge solcher Art vorfinden und keine Fortentwickelung innerhalb der Art. Jede Species erbaut ihr Nest, wenn sie ein solches braucht, stets gleich; sie ändert nicht den Baustyl und nicht freiwillig das Baumaterial. Nur der Affe hat einen Anfang gemacht, sich des Steins und des Knüttels zu bedienen, aber ohne jeden Fortschritt der Erfindung. An die Stelle der Speciesbildung durch Aenderung der Körperform ist somit beim Menschen, wie schon A. R. Wallace andeutete, die ungleiche Geistesentwickelung getreten, und vorläufig ist keine Ursache denkbar, welche diese aufhalten oder

eine wesentliche Umgestaltung des Körperbaues bedingen sollte; die letztere wird ersetzt durch Erfindung äusserer Hilfsmittel. Der Begriff eines Speciesunterschiedes ist darum für das Menschenreich ein ganz anderer geworden als für das Thierreich. Es werden künftig neben einander im Thierreich die Formenspecies, im Menschenreich die weniger auffallend sichtbaren Unterschiede der geistigen Entwickelung, bei nur geringer körperlicher Verschiedenheit vorschreiten, — diese ersetzen jene. Der Kampf um das Dasein ist aber in allen Reichen derselbe; die günstiger entwickelten Individuen, Racen oder Arten unterdrücken oder verdrängen die ungünstiger entwickelten.

Wie in den Naturwissenschaften überhaupt Alles gegenseitig in einander eingreift, so greift auch jede Erklärung der ungleichen organischen Species in den Gegensatz der Atomistiker und der Dynamiker ein. Fechner hat in seiner Atomenlehre bündig gezeigt, dass es für den Dynamiker unmöglich ist, die Entwickelung der ungleichen Organismen aus der fast gleichen Ei- oder Keimsubstanz zu erklären, während es dem Atomisten leicht wird, unendlich viele Atomlagen zu denken, welche die zukünftige Entwickelung der Organismen bestimmen. Der Dynamiker bedarf nicht nur für jede Species, sondern eigentlich für jedes Individuum einer besonderen schöpferischen Kraft, der Atomist braucht nur eine bestimmte Gruppirung der Atome oder der Moleküle in dem Samen oder Ei. Aendert sich diese für die Species etwas, so wird sich auch deren Entwickelung ändern, und so wird durch Fortschritt nach einer Richtung eine neue Art entstehen können.

Darwin's Theorie hat nicht nur bei den Naturforschern der alten Schule, sondern auch bei vielen anderen Gebildeten Anstoss erregt. Eine ihrer Consequenzen ist der Ursprung des Menschen im Thierreich. Der Beherrscher der Erde ist stolz auf eine unmittelbar göttliche Abstammung, er legt hohen Werth auf die Ebenbürtigkeit auch seiner entferntesten Vorfahren; es verletzt seine Eitelkeit, wenn man ihm sagt, dass er von einem Thiere abstamme, und wenn dieses Thier nun gar ein Affe sein soll, — dieses schon im A-B-C-Buch lächerliche

Zerrbild des Menschen — so verletzt das um so mehr. Ich glaube fast, Mancher würde sich lieber gefallen lassen, das edle Ross unter seine Vorahnen aufzunehmen, als gerade den Affen, der in seinem Körperbau dem Menschen so überaus ähnlich ist, dass eigentlich jeder wesentliche Unterschied fehlt, denn selbst seine Vierhändigkeit ist durch Huxley als ein Irrthum nachgewiesen worden; seine Hinterbeine gleichen in ihrem Knochenbau in der That den Füssen des Menschen, nicht den Händen wie die vorderen; alle übrigen Unterschiede des Skelettes, selbst die des Schädelbaues, sind bei den höheren Affenspecies unter sich reichlich eben so sehr verschieden als sie vom menschlichen Körper abweichen, und selbst R. Owen, ein Gegner Darwin's, hat gezeigt, dass der letzte Backenzahn bei den Australnegern drei Wurzeln hat wie beim Chimpanse und Orang, während er bei den Kaukasiern nur eine oder zwei Wurzeln besitzt. Mit anderen Worten, der Mensch unterscheidet sich durch seinen Körperbau nur specifisch, nicht generisch, wohl aber durch seine geistige Entwickelung als Vertreter eines neuen Reiches, vom Affen. Er stellt eine höher entwickelte Species desselben Stammes dar, — körperlich am meisten getrennt durch die Sprache, die mit dem intellectuellen Unterschied innig verbunden ist — aber in sich individuell so ungleich entwickelt, dass die Differenzen der Individuen eben so gross sind als die der Species.

Ja, beim Menschen schwankt individuell der Rauminhalt des Schädels zwischen weiteren Grenzen, als der Unterschied zwischen den kleinköpfigsten Menschen und den grossköpfigsten Affen beträgt. Dagegen erscheint es nur unwesentlich, wenn P. Gratiolet im Muskelbau der Menschen- und Affenhände wesentliche Verschiedenheiten gefunden hat. (Compt. rend. 1864, t. 59, p. 321.) Dass beide nicht gleich sind, versteht sich von selbst.

Sollten aber etwa die geistigen Eigenschaften entscheiden, um eine durch Uebergänge nicht überwindliche Kluft zu öffnen, so brauchen wir uns nur daran zu erinnern, dass der geistige Unterschied zwischen den in dieser Richtung am höchsten und

am niedersten entwickelten Menschen sicher eben so gross genannt werden darf, als der zwischen den niedersten Menschen und den höchsten Affen. Dazu kommt noch, dass die hohe geistige Entwickelung, welche ein Theil der Menschheit erreicht hat, offenbar erst das Resultat von Jahrtausenden ist, d. h. dass die ersten Menschen im Vergleich mit uns jedenfalls auf einer sehr viel tieferen Stufe standen, und dass ganze Volksstämme noch jetzt eine ähnlich tiefe Stufe einnehmen.

Gewiss ist man berechtigt, grossen Werth auf die Abstammung zu legen; die Aristokratie der Geburt — keineswegs identisch mit der des Wappens — ist eine von Natur berechtigte. Es ist nicht gleichgültig, welcher Art die Aeltern und Vorältern waren, das lehrt uns schlagend vielfache Erfahrung beim Menschen, — noch deutlicher aber die Züchtung der Hausthiere — und das bestätigen die Sitten aller Völker. Ueberall und zu allen Zeiten hat man eine solche Aristokratie des Stammbaumes, die gerade mit Darwin's Lehre vortrefflich übereinstimmt, anerkannt, wenn auch temporär das Gleichheitsstreben sich dagegen sträubte, besonders dann, wenn jene Aristokratie ihre natürlichen Vorzüge missbrauchte, oder wenn sie nur den Regeln der Heraldik folgte, statt dem einfachen Naturgesetz. Unsere Vorfahren können uns sehr zur Ehre gereichen, viel besser noch ist es aber, wenn wir ihnen zur Ehre gereichen. Das gilt nicht blos für die übersehbare Abstammung jetzt lebender Familien, es gilt auch für die Menschheit im Ganzen.

Wenn wirklich irgend eine Affenspecies sich bis zur Höhe des Menschen erhob, so kann das sicher nicht unmittelbar eine noch jetzt lebende, also weder der Pavian, noch der Chimpanse oder Gorilla gewesen sein, denn diese sind eben zurückgeblieben, und dieser Umstand gereicht vielleicht Einigen zur besonderen Beruhigung. Die nächsten Uebergangsformen, oder directen Ahnen, sind nach Darwin's Theorie in der Regel schnell ausgestorben. Jene erloschene Art muss schon eine sehr hervorragende Stelle unter den Affen eingenommen haben, und gewiss ist es nur ehrenvoll für die Menschheit, dass sie

sich zu einem so grossen Abstand von ihrem Ursprung emporgeschwungen hat, wie er jetzt die edelsten Menschen geistig und moralisch von den zurückgebliebenen Affen trennt. Dem unbefangenen Forscher muss es sonderbar erscheinen, wenn Menschen sich wirklich durch die Idee gekränkt fühlen, unser Geschlecht könne vielleicht vor hundert Jahrtausenden den gegenwärtigen höchsten Affenarten verwandt gewesen sein, und noch weiter zurück einer noch niedrigeren Thierform.

Auch religiöse Gefühle haben sich ganz unberechtigt in diese Frage eingemengt. Alle Naturforschung sieht sich genöthigt, vor einem ihr unzugänglichen Urgrund Halt zu machen und aufrichtig zu bekennen, darüber hinaus den Anfang und die Ursache der Dinge nicht zu erkennen. Wir können nur einige Gesetze des Bestehenden erforschen, und durch solche Forschung die Grenzen des Erkannten immer weiter ausdehnen, ohne sie jemals zu beseitigen. Hinter diesen Grenzen erhebt sich das Unerreichbare, mögen die Völker es nennen wie immer sie wollen. Eine solche Ursache, ein solcher Gott oder Schöpfer bleibt im Hintergrund jeder Forschung unerforschlich; nur darüber was dem Unerforschlichen zuzuschreiben, was erklärbar oder unerklärbar sei, sind die Ansichten verschieden und ändern sich mit der Zeit. Ob wir den Menschen als solchen erschaffen betrachten, oder als aus einer unendlichen Entwickelungsreihe hervorgegangen, das ändert nichts in der Grösse der Thatsache und in der Unbegreiflichkeit der Weltentstehung.

Die Einen sagen: Die Idee, der Geist, Gott war da, — er schuf die Materie und daraus die bestehende Welt; Andere lassen ihn nur die Materie erschaffen, und daraus die Welt entstehen. Wieder Andere meinen, die Materie war da und der Geist bildete daraus die Welt, oder endlich: Die Materie entwickelte sich nach ihren Eigenschaften, und so entstand nicht nur die Welt, sondern auch das was wir Geist nennen. Durch keine dieser Ansichten wird aber das Räthsel des Ursprungs der Dinge gelöst.

VIII.

GEOLOGIE UND GESCHICHTE.

Pfahlbauten. — Stein-, Bronce- und Eisenperiode. — Alter des Menschengeschlechtes.

Es liegt nahe, das Studium der Erdgeschichte mit dem der Menschengeschichte zu vergleichen, zu untersuchen in wie fern beide dieselbe Methode auf ihre ungleichen Gegenstände anwenden, und wie ihre Erfolge sich zu einander verhalten.

Die Geologie umfasst mehr als blos die Geschichte der Erde. Sie beschäftigt sich vor Allem mit der Untersuchung des gegenwärtigen Zustandes oder inneren Baues derselben, und erst indem sie dessen Entstehung zu entziffern, das Werden aus dem Sein zu erklären versucht, wird sie zur Geschichtsforschung. Es würde eine langweilige Beschäftigung sein, nur Beobachtungen zu machen und Thatsachen zusammenzustellen, ohne sich zugleich mit deren Erklärung zu beschäftigen, und das was man als einst geschehen erkennt, in eine chronologische Ordnung zu bringen; es würde aber andererseits unmöglich sein, die Geschichte der Erdbildung zu erforschen, ohne ihren gegenwärtigen Zustand zu kennen. Je genauer man ihn kennt, um so besser lässt sich seine Entstehung beurtheilen.

Ein ähnlicher Fall liegt aber auch bei dem Studium der Menschengeschichte vor; dasselbe setzt ebenfalls eine möglichst genaue Kenntniss des gegenwärtigen Zustandes voraus, um ihn mit früheren Zuständen vergleichen und aus ihnen ableiten zu können.

Digitized by Google

Beide Geschichtsforschungen haben nicht blos Thatsachen oder Ereignisse nach ihrer Zeitfolge an einander zu reihen, sondern sie auch aus einander abzuleiten, und die Gesetze der Entwickelung zu suchen, welche aus der Natur des Gegenstandes entspringen. Das wichtigste Entwickelungsgesetz ist wie wir im VI. Abschnitt gesehen haben, für beide dasselbe.

Die Geschichte der Erde umfasst nicht nur deren erste Entstehung und Entwickelung bis zu der Zeit in welcher sie Wohnplatz des Menschen wurde, sie umfasst auch die gesammte sogenannte historische Zeit, und schliesst somit das in sich ein, was man gewöhnlich Geschichte zu nennen pflegt. Nur der vorherrschende Gegenstand der Betrachtung ist für die letztere, innerhalb ihres weit kleineren Zeitraumes, ein anderer als für die Geologie, — nämlich der Mensch und sein Wirken.

Vergeblich hat man bis jetzt nach einer scharfen Zeitgrenze zwischen Menschengeschichte und vormenschlicher Geschichte gesucht; der Ursprung des Menschen und die Zeit seines ersten Auftretens verlaufen in das Unbestimmbare, es lässt sich nicht scharf eine sogenannte Vorwelt von einer Jetztwelt sondern. Dieses Schicksal theilen aber alle geologischen, wie alle historischen Perioden; sie lassen sich nicht ganz scharf von einander trennen, schon deshalb nicht, weil ihr Anfang, Ende und Verlauf, in so fern sie sich auf bestimmte Vorgänge oder Aenderungen gründen, local ungleiche waren.

Anfang und Ende der durch irgendwelche Vorgänge charakterisirten Perioden können in von einander getrennten Ländern sogar sehr verschieden sein, daher auch ihre Zeitdauer, denn die Vorgänge innerhalb desselben Zeitraumes sind örtlich verschieden. Niemals traten gleichzeitig überall allgemeine Aenderungen ein, und selbst local waren die Umgestaltungen sowohl des Erdbaues als der menschlichen Zustände, in der Regel nicht plötzliche, sondern allmälig sich entwickelnde. So bedeutsam auch manche Ereignisse sein mochten, dennoch ist es oft unmöglich, einen ganz bestimmten Anfangs- oder Endpunkt ihrer eingreifenden Wirkung zu bezeichnen. Die Perioden die wir unterscheiden, sind daher mehr oder weniger

willkürlich nach localen Vorgängen von einander abgetrennt, und können, wie die Abtheilungen des naturhistorischen Systematikers, nur zur bequemeren Uebersicht und Handhabung dienen, nicht aber zu einer wirklichen Trennung des Ungleichen.

Selbst wenn wir, in der Menschengeschichte z. B., eine vorchristliche von einer christlichen Zeit trennen, so ist der Beginn der letzteren fast für jedes Land ein anderer, und sie hat in vielen noch gar nicht angefangen.

Die Methode der Untersuchung ist für Geologie und Geschichte in mehrfacher Beziehung übereinstimmend. Wie der Geschichtsforscher aus der Lage und Beschaffenheit uralter Geräthe seine Schlüsse ableitet, so der Geolog aus der Lage und Beschaffenheit fossiler Ueberreste von Organismen; wie der Geschichtsforscher oft seine Zeiträume durch besonders hervorragende Männer und deren Thaten charakterisirt, so der Geolog durch sogenannte Leitversteinerungen (Leitmuscheln); die räumliche Verbreitung der letzteren entspricht derjenigen des umgestaltenden Einflusses jener; wie der Geschichtsforscher die Reste alter Bauwerke untersucht nnd daraus auf locale Zustände und Vorgänge schliesst, so der Geolog aus den Lagerungsverhältnissen der Gesteine. Das gilt bei dem Geschichtsforscher besonders für die ältesten Zeiten, für die neueren gesellen sich dazu die Traditionen und die schriftlichen Nachrichten, die aber der Fälschung und dem Irrthum fast noch mehr ausgesetzt sind als die wohlerhaltenen Ueberreste der menschlichen Thätigkeit. Solche Nachrichten aus der Menschenperiode sind aber auch für den Geologen von grossem Werth, und beanspruchen in der Geologie wie in der Geschichtsforschung dieselbe Kritik und umsichtige Combination. Für beide, für den Geschichtsforscher wie für den Geologen, ist das allgemeine Resultat aus zahlreichen localen Vorgängen abzuleiten, die nicht immer in unmittelbare Verbindung gebracht werden können. Für beide verliert sich der erste Anfang ins Dunkel, und so wenig der Geschichtsforscher über den Ursprung und ersten Zustand der Menschen weiss, so wenig weiss der Geolog über

den Ursprung und ersten Zustand der Erde. Beide suchen aus der Gegenwart die Vergangenheit, aus dem Sein das Werden zu erklären, und greifen von Thatsache zu Thatsache immer weiter zurück, wobei sie mehr und mehr genöthigt sind, dieselben durch Hypothesen zu verbinden, je mehr sie sich von der Gegenwart entfernen.

Wie das äusserste Ziel der Forschung für den Historiker der erste Mensch sein würde, so für den Geologen der Zeitpunkt, in welchem die Erde zuerst als individueller Himmelskörper im Weltraume erscheint. Darüber hinaus hören Geschichte wie Geologie als solche auf; die erstere fällt dann ganz mit der Geologie zusammen, die letztere mit der Kosmologie.

Aber die Menschengeschichte besitzt einen Maassstab, welcher der Geologie für alles Vorhistorische noch ganz fehlt, das ist der Zeitmaassstab. Der Geolog kann seine Perioden nicht nach Jahren oder anderen Zeiteinheiten messen, wie der Geschichtsforscher; er kann in der Regel nur ein früher oder später, älter oder jünger unterscheiden, nicht aber das „wie alt“, denn die Beurtheilung des Zeitmaasses aus dem Resultat der Vorgänge, z. B. aus der Mächtigkeit einer Ablagerung, bleibt unsicher, so lange die Energie der Vorgänge nicht genau bekannt ist; und wenn man auch die Dauer einzelner geologischer Vorgänge auf diese Weise annähernd abschätzen kann, so bleibt doch die Verbindung eine höchst mangelhafte; überall sind Zeitlücken erkennbar, in denen local keine bemerkbare Veränderung eintrat, und deren Dauer sich sogar jeder Abschätzung entzieht. Nur wenn es gelänge, geologische Vorgänge mit berechenbaren astronomischen Aenderungen in bestimmte Beziehung zu bringen, würde es möglich sein, auch für die Geologie einen absoluten Zeitmaassstab festzustellen.

James Croll hat im Augustheft des *Philosophic. Magaz.* 1864 eine solche Möglichkeit angedeutet. Die periodischen Aenderungen der Excentricität der Erdbahn in Verbindung mit dem Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen müssen von bedeutendem Einfluss auf die klimatischen Zustände der Erdoberfläche gewesen sein, und es ist möglich, dass man davon in der

Reihe der sedimentären Formationen Spuren auffindet, die einen Haltpunkt für weitere Berechnung grosser Perioden darbieten.

Eine Anzahl neuer Entdeckungen hat die gewöhnliche Geschichtsforschung noch weit inniger mit der Geologie verknüpft als es früher der Fall war; es ist dadurch die Menschengeschichte mehr und mehr mit der Erdgeschichte verbunden worden, zugleich aber ist dadurch die menschliche Zeit sehr bedeutend nach rückwärts ausgedehnt worden. Dahin gehören namentlich die sogenannten Pfahlbauten und die Auffindung uralter Geräthe in Höhlen oder in die Erdoberfläche bedeckenden Ablagerungen, zusammen mit den Ueberresten theils local, theils überhaupt ausgestorbener Thierspecies. Es möge gestattet sein, an diese Entdeckungen, in denen Geologie und Geschichte innig verschmelzen, einige Betrachtungen anzuknüpfen, zu welchem Zweck ich natürlich das Wichtigste der Thatsachen wiederholen muss.

Zuerst von den Pfahlbauten.

Als im Winter 1853 auf 1854 der Wasserstand des Züricher Sees ein ganz ungewöhnlich niederer war, benutzte man diesen Umstand zur Trockenlegung neuen Landes durch Abdämmung des Sees an seinen flachen Ufern. Bei dieser Gelegenheit fanden die Arbeiter in der Nähe des Ortes Ober-Meilen, in einer 1½ Fuss dicken Schlammschicht allerlei Ueberreste einer früheren Ansiedelung. Diese Ueberreste bestanden aus in den Seeboden eingerammten Pfählen, Kohlen, geschwärzten Steinen, und allerlei Geräthschaften, aus deren Gesammtheit und Zusammenvorkommen sich ergab, dass hier einst menschliche Wohnungen auf Pfahlwerken ziemlich weit in den See eingebaut waren. Professor Keller in Zürich hat das Verdienst, diese Ansiedelungsspuren aus vorhistorischer Zeit zuerst als solche Pfahlbauten bestimmt erkannt, und in einer Reihe von Abhandlungen sehr sorgfältig beschrieben zu haben.

Seitdem hat man an den Rändern zahlreicher anderer Seen der Schweiz, Bayerns, Oesterreichs und Oberitaliens, und ganz neuerlich sogar in Mecklenburg und Pommern, ähnliche Ueberreste in grosser Menge aufgefunden.

Digitized by Google

In der Schweiz allein wurden nach und nach die Ueberreste von mehr als 150 jetzt unterseeischen, von Schlamm oder Torf bedeckten Pfahldörfern entdeckt, und unzählige Gegenstände vorhistorischer Industrie aus dem Schlamm ausgegraben, der von den schweizerischen Alterthumsforschern nicht unpassend als „Culturschicht“ bezeichnet zu werden pflegt.

Diese Hüttendörfer waren also ähnlich wie die Paläste Venedigs auf eingerammten Baumstämmen im Wasser erbaut, offenbar um ihre Bewohner gegen Raubthiere oder menschliche Feinde besser zu schützen, oder um wenigstens vorübergehend als Fischstationen zu dienen. Es ist das eine Ansiedelungsweise, die sich mit kleinen Modificationen zu den verschiedensten Zeiten und in den verschiedensten Ländern wiederholt hat. Ganz ähnlich haben Malaien und Chinesen sich zu Pangkok und an den Küsten von Borneo angebaut, die Papuas an der Nordwestküste von Neu-Guinea, und ebenso die Indianer Südamerika's in den Lagunen von Maracaglo, weshalb die Spanier bei ihrer Entdeckung diese Gegend Venezuela (Klein-Venedig) nannten. Herodot beschreibt von den Päoniern bewohnte Pfahldörfer im See Prasias in Thracien (Hist. lib. V, cap. 16). In gewissem Grade erinnern daran auch die von Cäsar bell. gall. VIII, 23 beschriebenen Holzfestungen der Gallier; etwas durchaus den Schweizer Pfahlbauten Analoges ist aber schon seit längerer Zeit in Nord-England und in Irland aufgefunden, und 1836 von Wilde in den Proceed. of the roy. Ir. Academie, p. 220, beschrieben worden. Diese Crannoges der alten keltischen Bevölkerung Irlands waren auf horizontal übereinander geschichteten Baumstämmen in das Wasser eingebaut, und merkwürdiger Weise hat man im Wauwyler See im Canton Luzern genau ebenso construirte Wohnstätten aufgefunden, bei denen senkrechte Pfähle nur die Einrahmung, nicht den Unterbau bilden. Aus diesem Umstande, sowie aus den durchaus keltischen Ornamenten der in den schweizerischen Pfahlbauten gefundenen Geräthe, schliesst Keller auf gleiche Nationalität jener Urbewohner Helvetiens mit denen Irlands.

Es würde das ein zu gewagter Schluss sein, wenn er sich nur auf die Pfahlbauten stützte, da diese offenbar weder einer Zeitperiode noch einer Nationalität charakteristisch angehören, sondern vielmehr überall und zu allen Zeiten, unter den verschiedensten Volksstämmen, aus der Localität und dem Bedürfniss nach Schutz oder nach Fischnahrung hervorgingen. Da aber auch die Ornamente wesentlich übereinstimmen, so ist der Schluss wohl ein berechtigter.

Die Pfahldörfer der Schweiz waren auf Tausende von eingerammten, theils gespaltenen, theils runden Pfählen von 4 bis 8 Zoll Dicke erbaut. Die Anfertigung derselben mit Hülfe sehr unvollkommener Steingeräthe muss unendliche Mühe gekostet haben; zuweilen ist dabei das Feuer zu Hülfe genommen, d. h. die Zuspitzung ist durch Abbrennen erzeugt. An der Stelle eines einzigen dieser Pfahldörfer hat man mehr als 40000 eingerammte Pfähle aufgefunden. Dieselben waren einige Fuss über dem Wasserspiegel mit Stangen und gespaltenen Bohlen abgedeckt, auf diesem horizontalen Boden aber standen die Wohnhütten aus Flechtwerk, Stroh, Schilf und dergleichen. Durch Pfahlbrücken, oder durch mühsam aus Baumstämmen ausgehöhlte Kähne wurde die Verbindung mit dem Lande hergestellt. Einige dieser Seedörfer haben 200 bis 300 Wohnstätten gehabt. Keller hat in seinem schönen Werk „die keltischen Pfahlbauten in den Schweizerseen" (1861) von einer solchen Ansiedelung ein ideales Bild entworfen. Man sieht darauf eine grössere runde und drei kleinere viereckige Hütten auf dem erhöhten Holzboden stehen, auf welchem einige Geräthe umher liegen, während ein roher Kahn an das Pfahlwerk befestigt ist.

Gegen diese Ausführung, welche schon früher in einer besonderen Brochüre erschien und auch später vielfach copirt worden ist, habe ich bereits 1858 einige Bedenken ausgesprochen, weil es mir unwahrscheinlich vorkam, dass eine Bevölkerung von so niederer Culturstufe wie die Pfahldorfbewohner Wohnungen in so ungleichem Styl — runde und viereckige neben einander — erbaut haben sollte. Meine Bedenken wur-

den auch damals von A. von Morlot, der sich sehr viel mit diesem Gegenstand beschäftigt hat, ganz begründet gefunden, und er schrieb mir darüber am 7. Februar 1858:

„Ihre Bemerkung ist äusserst scharfsinnig, es waren blos runde Hütten und das Gemisch von runden und viereckigen Wohnungen ist ein Unding. Es macht aber diese Zeichnung auf keinen wissenschaftlichen Werth Anspruch. Die runden Hütten waren aus Flechtwerk mit Lehm sauber verstrichen. Als sie abbrannten wurde der Lehmbewurf zum Theil gebrannt und fiel in den See, aus dem ihn nun die Alterthumsforscher herausfischen, wobei die Rundung an den grösseren Stücken den Durchmesser der Hütten auf circa 10 Fuss angiebt."

Aber auch der leider zu früh verstorbene v. Morlot hat sich in diesem Falle geirrt; Messikommer hat später durch sehr gründliche Untersuchungen bei Robenhausen am Züricher See nachgewiesen, dass alle Hütten viereckige waren. Die Vermischung zweier Formen bleibt somit ein Irrthum, und obwohl man das in der Schweiz erkannte, hat sich dennoch die ideale Abbildung erhalten. Selbst der scharfkritische Lyell copirte sie, und in mehreren illustrirten Zeitschriften ist sie noch mit allerlei phantastischen Ausschmückungen wiederholt worden. So geht es gar oft mit Irrthümern, ebensowohl der Geschichte wie der Geologie. Was einmal interessant und geläufig geworden ist, lässt sich das grosse Publikum nicht gern wieder nehmen, wenn es auch durch strenge Forschung als unrichtig erkannt wurde. Die Tellsage, die gewaltigen Erdrevolutionen u. s. w. liefern Beispiele dafür, und es gehört zu den schwierigsten Aufgaben für den Forscher, alle dergleichen Vorurtheile zu überwinden.

Fischfang, Jagd, Viehzucht und selbst etwas Feldbau scheint die nährende Beschäftigung dieser vorhistorischen Bevölkerung der Schweiz gewesen zu sein. Es ergiebt sich das aus den aufgefundenen Vorräthen und Werkzeugen, die gelegentlich durch die Spalten des Holzbodens in das Wasser gefallen sein mögen, als unbrauchbar hineingeworfen wurden, oder bei Stürmen und Feuersbrünsten plötzlich versanken.

Es ergiebt sich daraus zugleich schon eine Theilung der Arbeit, eine Trennung nach Beschäftigungen oder Handwerken; denn an manchen Stellen herrschen die Ueberreste der Verfertigung dieser oder jener Werkzeuge vor, an anderen findet man Vorräthe von Feldfrüchten, oder von Flachs und von Gespinnsten. Es hat also schon Handwerker wie: Töpfer, Steinarbeiter, später auch Bronzegiesser, Spinner, Weber u. s. w. gegeben.

Aus den aufgefundenen Geräthen und anderen Resten lässt sich überhaupt ein ungefähres Bild von den Beschäftigungen, der Lebensweise und selbst der Geschichte dieser Bevölkerung erschliessen, von welcher gar keine historischen Nachrichten vorhanden sind. Die meisten aufgefundenen Gegenstände lagen nämlich im Schlammabsatz der Seen oder in Torfmooren begraben, in der sogenannten Culturschicht von 1 bis 3 Fuss Dicke chronologisch geordnet. Die ältesten zu unterst, die neueren darüber, und die neuesten zu oberst, wie sie eben nach und nach in das Wasser versanken und in gewissem Grade fossil wurden.

Bei Robenhausen fand Messikommer sogar die Ueberreste von drei auf einander folgenden, von einander getrennten Niederlassungen der Steinperiode übereinander, deren beide älteste offenbar durch Feuer zerstört waren. Die historische Forschung entspricht in diesem Falle genau der geologischen. Ganz in derselben Weise schliesst der Geolog aus der Lage und Aufeinanderfolge von Versteinerungen oder besonderen Gesteinsschichten auf die Zustände und Aenderungen in viel älteren Perioden.

Die ältesten Geräthe der Pfahlbauten bestehen aus Stein, Thon, Knochen, Hirschhorn, Eberzähnen und Holz; nie aus Metall. Sie sind zwar roh, aber z. Th. schon recht praktisch gearbeitet. Der Steinkeil, zugleich Beil und Meissel, 1½ bis 7 Zoll lang, spielt eine Hauptrolle. Dieses Instrument diente offenbar nebst Feuer zur Fällung und Bearbeitung von Baumstämmen, und wohl auch als Waffe. Daneben finden sich Hämmer, Pfeilspitzen, Messer, sägenartige Instrumente, Bohrapparate,

Pfriemen und Hacken aus Stein oder Knochen; ferner Thongefässe aus freier Hand geformt und gebrannt, aber noch beinah ganz ohne Verzierungen, Feuerherde, Quetsch- und Schleifsteine, abgenagte oder gespaltene und entmarkte Knochen, einige Früchte und Flechtwerke. In den Schichten darüber gesellen sich zu den Steingeräthen an einigen Orten schon solche aus Bronze, diese wie die Thonwaaren meist mit keltischen Ornamenten verziert; daneben gewebte Stoffe, Schmucksachen, Kinderspielzeug und andere Luxusgegenstände.

Zu oberst endlich kommen an einigen Stellen die am längsten bewohnt blieben, auch noch Eisengeräthe dazu. Danach hat man in der Schweiz, wie früher schon in Skandinavien, ein Steinzeitalter, ein Bronzezeitalter und ein Eisenzeitalter unterschieden. Doch komme ich darauf noch zurück.

Aus der Uebereinanderlagerung und localen Vertheilung der verschiedenartigen Geräthe geht deutlich eine allmälig immer höhere Entwickelung und ein zunehmender Verkehr mit fremden Völkern hervor, wie das ähnlich bei den Versteinerungen in den Erdschichten, rücksichtlich einer steten höheren Entwickelung der Organismen der Fall ist. Zugleich ergiebt sich daraus, dass diese älteste Bevölkerung der Schweiz, von welcher bis zum Jahre 1853 noch gar nichts bekannt war, einen sehr grossen, aber nicht näher bestimmbaren Zeitraum in Anspruch genommen hat. Sicher gehörten zu einer solchen Entwickelung viele Jahrhunderte.

Aus der sehr sorgfältigen Untersuchung aller nach und nach bekannt gewordenen Wohnstätten muss man schliessen, dass diese vorhistorischen Bewohner der Schweizer Seen aus irgend einem Grunde, vielleicht durch Feinde gedrängt, die Pfahlbauten in der Ostschweiz weit früher verlassen haben als die in der Westschweiz. Die Gründe aus denen man das vermuthet, sind in der That sehr sinnreich. Man findet nämlich unter den Wasserdörfern der Ostschweiz, z. B. am Bodensee, noch gar keine Metallgeräthe, sondern nur solche aus Stein, Knochen, Thon, Holz u. s. w., also nur die ältesten Spuren

der Cultur. Weiter gegen West gesellen sich dazu die Geräthe aus Bronze in immer grösserer Zahl und Mannigfaltigkeit, überhaupt Spuren einer vorgeschrittenen Cultur. Im äussersten Westen endlich, z. B. am Neuenburger See, wo die von E. Desor besonders sorgfältig beschriebenen Pfahlbauten (constructions lacustres 1864, deutsch von Mayer 1866) am längsten bewohnt worden zu sein scheinen, kommen dazu auch eiserne Geräthe und Münzen; ja selbst römische Ziegel hat man hier aufgefunden, woraus hervorgeht, dass diese Wasserdörfer selbst noch zur Zeit der Römerherrschaft bewohnt worden sind. Die Verdrängung von Ost nach West scheint demnach eine sehr langsame gewesen zu sein, dergestalt, dass sie sich durch das wechselnde Material der Waffen und Geräthe, sowie durch die höhere Entwickelung der Cultur erkennen und verfolgen lässt.

Vielleicht waren es die Verdränger, welche zuerst Waffen aus Bronze mitbrachten, und gerade dadurch um so leichter die weniger gut ausgerüstete einheimische Bevölkerung besiegten. Von den sesshaft gewordenen Siegern aus verbreiteten sich nun die Bronzegeräthe allmälig auch über die noch nicht verdrängte Urbevölkerung. Genug, Alles deutet hier einen sehr langsam vorschreitenden Verdrängungsprozess an. Dass er durch den Andrang neuer Einwanderer bedingt wurde, ist um so wahrscheinlicher durch den Umstand, dass die ersten Bronzegeräthe sogleich in solcher Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit auftreten, dass man sie nicht für Producte localer Erfindung halten kann, obwohl später die Pfahldorfbewohner auch selbst Bronze gegossen haben, wie aus aufgefundenen Giessformen und Zinnbarren deutlich hervorgeht.

Die Sieger welche mit so bedeutend vervollkommneter Ausrüstung anlangten, haben die Pfahldörfer nur zerstört und nicht wieder bewohnt, wahrscheinlich weil ihre Ueberlegenheit in Waffen und Geräthen das unnöthig erscheinen liess, die Ansiedelung auf dem Lande aber jedenfalls bequemer und gesünder war.

Aus demselben Grunde mögen dann auch von der Urbevölkerung später manche Pfahlbauten freiwillig verlassen

Digitized by Google

worden sein, nachdem sie einmal mit den neuen Geräthen ausgerüstet war. Ueberhaupt aber ist weder erwiesen noch wahrscheinlich, dass nicht gleichzeitig auch das trockene Land bewohnt worden sei. Thöricht wäre es jedenfalls, wenn man aus dieser Periode überall Pfahlbautenreste erwarten wollte. Es ist kein Volksstamm denkbar, der sich über grosse Landflächen ausgebreitet, und nur an oder in Seen angesiedelt haben sollte. Wo diese fehlten, da baute man sich auf dem Lande an.

Das Eisen ist erst viel später bekannt geworden, zu einer Zeit, als nur noch wenige Pfahlbauten ganz im Westen der Schweiz bewohnt waren.

Dass in jener Urzeit, selbst in der Steinperiode, schon einiger Verkehr und Handel bestand, ergiebt sich aus mehreren Umständen. Unter den Steingeräthen finden sich auch solche aus Nephrit, einer Steinart, die man fast nur aus dem Orient kennt. Wenigstens ist der Ursprung einiger in der norddeutschen Niederung gefundenen Nephritklumpen nicht näher bekannt. Nun hat neuerdings G. de Mortillet (Compt. rend. 1865 t. 60 p. 83) behauptet, dass dies kein wahrer Nephrit sei, sondern ein Kieselgestein, welches gangförmig im Serpentin der Alpen vorkommt. L. R. v. Fellenberg hat dagegen durch genaue Analysen nachgewiesen, dass einige der in schweizerischen Pfahlbauten aufgefundenen Steinbeile ganz dieselbe Zusammensetzung haben wie der neuseeländische Nephrit, und dass diese jedenfalls nicht aus der Schweiz stammen (Jahrb. f. Min. 1865 S. 619). Sicher sind auch unter den Resten von Hausthieren und Getreidearten solche, deren Stammältern entweder bei einer Einwanderung aus Asien mitgebracht, oder später durch Tauschhandel erlangt worden sein müssen. Unter den Schmucksachen haben sich auch einige Glaskorallen von wahrscheinlich phönizischem Ursprung vorgefunden, und selbst eine Bernsteinperle, welche letztere aus den Ostseeprovinzen abstammen dürfte.

So lassen sich also aus wenigen Geräthen die leisen Spuren einer Völkerbewegung und eines Verkehrs erkennen, die weit über alle geschichtlichen Nachrichten zurückreichen.

Da Vieles darauf hinweist, dass sowohl die erste als die zweite Bevölkerung dieser Gegenden aus dem Osten — aus Asien — eingewandert ist, so wird es von grossem Interesse, ihren Weg zu verfolgen. Wir haben ihn nicht über die Gebirge und über breite Meeresarme zu suchen, den bequemsten Weg bot das Donauthal dar. Schon im Jahre 1856 fand ich auf dem südlichen Steilufer der Donau bei Semlin eine viele Fuss dicke Lehmschicht mit alten Topfscherben, Thierknochen und Wirbeln von Süsswasserfischen, worüber ich in der 6. Sitzung der Geologen zu Wien in demselben Jahre einen kurzen Bericht erstattete. 1863 beobachtete ich eine ganz analoge Ablagerung auf den Weinbergen bei Paulis unweit Arad, mehr als 200 Fuss über der Maros. Die Wiener Geologen haben diese, später mehrfach im Donauthal beobachtete Ablagerung, wegen der Topfscherben „Haferleschicht“ genannt. Kerner brachte sie in seinem schönen Werk über das Pflanzenleben der Donauländer 1863 in Verbindung mit den sogenannten Kumanierhügeln der ungarischen Ebenen, die er für den Pfahlbauten der Schweiz analog hält, aus einer Zeit herrührend, in welcher das grosse ungarische Becken noch theilweise von Wasser bedeckt war und einen Landsee bildete. Vielleicht bilden diese, jedenfalls sehr alten Reste menschlicher Wohnstätten ein verbindendes Glied in jener durchaus vorhistorischen Völkerwanderung.

Man hat Anfangs geglaubt, die Urbevölkerung der Schweiz habe sich nur in den Seen angesiedelt. Es sind indessen ganz gleiche Geräthe und undeutliche Spuren von Wohnungen auch auf dem Lande, auf erhöhten Punkten, und von Gräben oder Wällen umgeben, aufgefunden worden, so zu Berg am Irgel (am Ebersberge) u. s. w. Da hat man also den Schutz gegen Feinde auf andere Weise gesucht. Sehr natürlich ist es, dass von diesen Ansiedelungen auf dem Lande sich weit weniger Reste bis in die Neuzeit erhalten haben, da sie nicht durch Wasser und Schlamm oder Torf geschützt waren. Es ist ungefähr derselbe Grund, aus welchem man in den Schichten der Erde viel mehr Ueberreste von Meeresorganismen als von

Landbewohnern versteinert vorfindet, weil die letzteren meist verwesten, ehe sie von neuen Schichten bedeckt wurden.

Da gar keine historischen Nachrichten darüber vorhanden sind, so ist es kaum möglich, die Zeit zu bestimmen, in welcher diese merkwürdigen Pfahlbauten bewohnt waren; höchstens das Hereinreichen dieser Bewohnung in die Zeit der Römerherrschaft lässt sich, wie wir sahen, aus einigen Umständen schliessen. Der Anfang dieser Zeit aber, der jedenfalls Jahrhunderte, wahrscheinlich Jahrtausende weiter zurück liegt, bleibt ganz in Dunkel gehüllt. Indessen ist doch eine geologische Methode möglich geworden, um annähernd ein sehr hohes Alter zu erkennen. Die Landseen der Schweiz, wie überhaupt alle Landseen, werden durch Einschwemmung der Flüsse stets kleiner und kleiner. Diese Einschwemmung ist zwar an den verschiedenen Orten eine sehr ungleiche, scheint aber doch an jedem einzelnen Orte ziemlich gleichmässig vorzuschreiten. Einige Pfahlbauten hat man entfernt vom jetzigen Ufer, unter dem seitdem angeschwemmten flachen Alluvialboden entdeckt, während aus ihrer ganzen Einrichtung hervorgeht, dass sie wie die übrigen im Wasser erbaut worden sind. Indem man nun den Abstand dieser schlammbedeckten Wohnstätten vom jetzigen Seeufer ausmaass, und zugleich durch historische Thatsachen aus neuerer Zeit festzustellen versuchte, wie viel an derselben Uferstelle die Zunahme des Landes in einem bestimmten Zeitraume, z. B. in einem Jahrhundert, beträgt, so ergab sich dadurch annähernd — vorausgesetzt dass die Einschwemmung local eine ziemlich gleichmässige geblieben — ein wie grosser Zeitraum verstrichen sein müsse, seitdem jene Pfahlbauten noch vom Wasser umspült wurden. Man hat hiernach diesen Zeitraum für den einen beobachteten Fall auf 4000 Jahre geschätzt. Demnach würden dergleichen Pfahlbauten schon 800 bis 1000 Jahre vor dem trojanischen Kriege bewohnt gewesen sein. Eine vielleicht noch genauere Zeitabschätzung vorhistorischer Ansiedelungen ermöglichte ein 1863 vollendeter Eisenbahneinschnitt durch das Landdelta oder vielmehr den Schuttkegel, welchen der Tinière bei Villeneuve vor seinem

Einfluss in den Genfer See gebildet hat. Der ganze Kegel ist 32½ Fuss hoch, und in einer Breite von 1000 Fuss durchschnitten. In dem Einschnitt beobachtete A. v. Morlot drei Culturschichten übereinander; die oberste mit römischen Ziegeln und einigen Eisengeräthen 4 Fuss unter der Oberfläche; die zweite mit Topfscherben und Bronzegeräthen 6 Fuss tiefer, oder 10 Fuss unter der Oberfläche; die dritte mit Menschen- und Thierknochen und sehr roh gearbeiteten Topfscherben, welche nach ihrer Analogie der Steinzeit angehören, 9 Fuss unter der zweiten, oder 19 Fuss unter der Oberfläche. Aus zahlreichen Umständen geht hervor, dass die Schicht mit den römischen Ziegeln und Geräthen 13 bis 18 Jahrhunderte alt ist; da nun nach sehr scharfsinnigen Untersuchungen der Zuwachs dieses Kegels ziemlich gleichmässig erfolgte, und gleichsam eine geologische Sanduhr darstellt, so berechnete daraus von Morlot das Alter der Bronze-Schicht auf 24 bis 42 Jahrhunderte, das der untersten Culturschicht auf 47 bis 70 Jahrhunderte, und das des ganzen Kegels auf 70 bis 110 Jahrhunderte; oder einfacher ausgedrückt: das Alter der Bronze-Schicht zu 3 bis 4000 und das der ältesten Culturschicht zu 5 bis 7000 Jahren, was natürlich wieder nur für diesen Fall gilt. Ueberhaupt aber sind alle derartigen Berechnungen mit grösster Vorsicht aufzunehmen und nie als völlig zuverlässig anzusehen, da ein wirkliches Gleichbleiben der Bildungsumstände kaum erwiesen werden kann.

Bedenkt man nun aber, dass die Bevölkerung der Pfahldörfer sicher keine ursprüngliche, autochthone, sondern eine eingewanderte war, und dass sie mancherlei Kunstfertigkeiten, ja wohl selbst schon einige gezähmte Thiere mitgebracht hat, so schiebt sich dadurch der Zeitraum, in welchem die Erde überhaupt von Menschen bewohnt wurde, ziemlich weit über die sonst üblichen Annahmen hinaus, was indessen mit zahlreichen Ergebnissen anderer Forschungen über das Alter des Menschengeschlechtes vollkommen übereinstimmt. Besonders lehrreich sind in dieser Beziehung bekanntlich die Arbeiten von Lepsius, Henne und Brunnet de Bresle. Der Erstere

Digitized by Google

verfolgte in seinem Königsbuch der alten Aegypter die Dynastien dieses Landes bis zum Jahre 4242 v. Chr. zurück, während Henne für 375 Pharaonen einen Zeitraum von 6117 Jahren berechnete, der mit dem Jahr 375 v. Chr. schliesst, also bis heute 8358 Jahre ergiebt. Brunnet de Bresle schliesst dagegen aus seinen Forschungen, dass Menes I. etwa 5000 Jahre vor der ersten griechischen Eroberung über Aegypten geherrscht haben müsse. Die Auffindung eines alten Thierkreisbildes in demselben Lande lässt durch die Stellung seiner Figuren auf ein ähnlich hohes Alter schliessen, so dass nach dem Allen kaum noch bezweifelt werden kann, dass in Aegypten schon vor 8000 Jahren eine starke Bevölkerung vorhanden war, die eine gewisse Cultur besass. Rechnen wir für die Entwickelungsgeschichte bis zu einer solchen Culturstufe, wie wir sie für jene Zeit voraussetzen müssen, auch nur 2000 Jahre, so führt uns das dahin, das Alter des Menschengeschlechtes in Aegypten nicht unter 10000 Jahren anzunehmen.

Die Auffindung von Menschenresten und Steingeräthen in gewissen Ablagerungen, auf die ich später zu sprechen komme, vergrössert aber diesen Zeitraum noch bedeutend.

Da ich über die Steingeräthe noch besonders zu sprechen beabsichtige, so erlaube ich mir hier nur wenige Bemerkungen über die anderen, unter den Pfahlbauten aufgefundenen Gegenstände.

Die Holzarten welche man zum Bauen verwendete, sind dieselben welche noch jetzt in diesen Gegenden wachsen, und welche denselben ursprünglich angehörten. Unter den Nutz- und Nahrungspflanzen wie unter den Hausthieren, finden sich dagegen schon einige, deren eigentliche Heimath Asien zu sein scheint, wenn sie auch zum Theil in Europa heimisch geworden sind. Dahin gehören zwei- und sechszeilige Gerste, Weizen, Holzäpfel und Holzbirnen, Schafe, Ziegen und Rinder. Aus den versunkenen und meist verkohlten Vorräthen ergiebt sich, dass man alle diese Pflanzen und Thiere als Nahrungsmittel verwendete und in mancherlei Gestalt zubereitete. Die Aepfel und Birnen als getrocknete Schnitzen, die Kornfrüchte geröstet und zwischen Steinen zerquetscht, zuletzt sogar zu

einer Art Brod ausgebacken. Aus allen Thierknochen ist das Mark sorgfältig ausgeschabt, nachdem man sie zerschlagen oder zerspalten. Neben diesen Lebensmitteln finden sich aber noch Reste von Waldbeeren, Schlehen, Haselnüssen, Wassernüssen und dergleichen. Unter den Culturpflanzen spielt auch der Flachs schon eine sehr wichtige Rolle, aus dem man Anfangs nur Fäden, Stricke und Geflechte, später aber auch Gewebe auf sehr einfach construirten Webstühlen hergestellt zu haben scheint.

Auch die ungezähmten Thiere, von denen mehrere jetzt in der Schweiz nicht mehr vorhanden, scheinen in grosser Zahl, theils zur Nahrung, theils zu anderen Zwecken erlegt worden zu sein. Dr. Rütimeyer hat die in den Pfahlbauten aufgefundenen thierischen Reste sehr sorgfältig untersucht, und nachstehendes Verzeichniss entworfen.

Säugethiere.

1. Mensch, es finden sich davon unter den Pfahlbanten nur sehr wenig Knochen, woraus sicher zu schliessen ist, dass die Todten auf dem Lande begraben wurden. Wahrscheinlich in künstlichen Hügeln *(tumuli)*, deren sich in jenen Gegenden bis 90 Fuss hohe vorfinden, mit menschlichen Gebeinen und Geräthen von derselben Construction wie die unter den Pfahlbauten. Es scheint ein kleiner Menschenschlag von zierlichem Ban gewesen zu sein.
2. Brauner Bär, die Zähne wurden vielfach benntzt, wahrscheinlich auch der Pelz.
3. Dachs.
4. Hansmarder.
5. Baummarder.
6. Iltis.
7. Fischotter.
8. Hanshund, wahrscheinlich mit den Menschen eingewandert.
9. Fuchs.
10. Wilde Katze.
11. Igel.
12. Biber, jetzt in der Schweiz nicht mehr vorhanden.
13. Hermelinwiesel.
14. Wolf.
15. Eichhorn.
16. Schwein, sehr häufig, drei Racen (Torfschwein, Wildschwein und Hausschwein). Ausser dem Fleisch wurden die Fangzähne vielfach benutzt.
17. Pferd, man hat nur wenig Reste davon gefunden, wahrscheinlich weil es nicht zur Nahrung diente.
18. Edelhirsch, ungemein häufig, die Geweihe fanden eine ausgedehnte Anwendung.

19. Reh.
20. Elenthier, in der Schweiz längst nicht mehr vorhanden.
21. Rennthier oder Dammhirsch, beide nicht mehr in der Schweiz heimisch.
22. Steinbock, fast ausgestorben.
23. Ziege, eingeführt.
24. Schaf, eingeführt.
25. Hauskuh, eingeführt. Dass sie auch schon gemolken wurde, dafür sprechen Käseformen.
26. Urochs, beinahe überhaupt ausgestorben.

Recht auffallend ist es, dass von Hasen keine Reste gefunden worden sind; vermuthlich hat man ihr Fleisch nicht gegessen, wie es noch jetzt von vielen slavischen Volksstämmen verschmäht wird.

Vögel.

1. Taubenhabicht.
2. Sperber.
3. Wilde Taube.
4. Wilde Ente, zwei Arten.
5. Reiher.

Merkwürdiger Weise ist noch keine Spur von Hausgeflügel aufgefunden worden.

Reptilien und Fische.

1. Süsswasserschildkröte.
2. Grüner Frosch.
3. Hecht.
4. Lachs.
5. Karpfen.
6. Weissfisch.

Der Anbau mehrerer Nutzpflanzen und die Haltung von Thieren sprechen aufs Neue dafür, dass entweder nicht die gesammte Bevölkerung in den Pfahlbauten wohnte, oder dass diese nur zu vorübergehendem Aufenthalt angelegt wurden.

Stein-, Bronze- und Eisenperiode.

Man hat, wie ich bereits erwähnte, nach den in auf einander folgenden Perioden üblichen, oder doch vorherrschenden Geräthen, die Entwickelungsgeschichte der Menschen in eine Steinperiode, Bronzeperiode und Eisenperiode eingetheilt, weil fast überall das Hauptmaterial für Waffen und mancherlei Hausgeräthe in dieser Reihe auf einander folgte, die zugleich den natürlichsten Entwickelungsgang der Erfindungen bezeichnet.

Digitized by Google

Die Steinperiode hat man später noch in eine ältere und jüngere getrennt, je nachdem die Bearbeitung eine nur sehr rohe, oder schon eine einigermaassen zierliche war. Der Verwendung des Steins zu Geräthen entspricht übrigens in einzelnen Erdgegenden die des Holzes oder der Knochen und Muscheln.

In einigen Ländern, z. B. in Nordamerika und in einigen Gegenden Asiens, lässt sich zwischen die Stein- und Bronzeperiode noch eine Kupferperiode als Uebergangszeit einschiehen, in welcher das Zinn noch nicht als passendes Legirungsmittel für das Kupfer bekannt war. Diese Zwischenperiode wird wahrscheinlich überall da eingetreten sein, wo sich gediegenes Kupfer nahe an der Erdoberfläche fand, wie z. B. am *lake superior*.

Livingstone behauptet sogar, dass es für einen grossen Theil von Afrika keine Stein- und Bronzeperiode gegeben habe, dass vielmehr die Neger seit frühester Zeit das Eisen zu schmelzen und zu bearbeiten verstanden hätten.

Das Zinn findet sich gar nicht gediegen, überhaupt nur an verhältnissmässig wenigen Orten der Erde, und in einem nicht so leicht als brauchbares Erz erkennbaren Zustande. Es setzt deshalb schon manche zufällige Entdeckung, Handelsverbindungen und einen bedeutenden Fortschritt der Technik voraus, ehe man dahin gelangen konnte, die zu Waffen und Werkzeugen viel besser als reines Kupfer geeignete Bronze zu giessen. Doch ist es sehr wahrscheinlich dass die ersten Legirungen dieser Art nur zufällig aus der Schmelzung von Kupfer und Zinn enthaltenden Erzen hervorging; dergleichen Erze finden sich z. B. in Cornwall. Immerhin war dazu ein Schmelzprozess nöthig, während das Kupfer auch gediegen gefunden wird. Daher kommt es denn auch, dass die Bronzegeräthe überall sogleich mit einer weit vollkommneren Entwickelung der Form und mit mehr Verzierungen auftreten, als die aus Stein oder Kupfer, die den Bronzegeräthen vorausgingen. Sie wurden auch sogleich weiter verbreitet als die weniger zweckmässigen Kupfergeräthe.

Digitized by Google

Die Kupferzeit ist also nur local einzuschiehen, da wo es gerade viel Kupfer gab, wie in den Erdschichten gewisse organische Formen auch nur local als Versteinerungen vorkommen. Unter den Pfahlbauten der Schweiz hat man kein einziges Kupfergeräth gefunden.

Die Gewinnung und Bearbeitung des Eisens setzt einen noch weit grösseren Fortschritt in der Metallurgie voraus als die der Bronze, denn obwohl Eisenerze ungemein häufig sind, so findet sich doch beinahe gar kein gediegenes Eisen und seine Erze sind ziemlich schwer schmelzbar. Das ist der Grund warum die Anwendung des Eisens überall erst zuletzt eingetreten ist. Nur Meteoreisenfälle scheinen ganz vereinzelte und locale Ausnahmen bewirkt zu haben, weil in diesen Massen das gediegene Eisen sogleich schmiedbar auftritt und auch mehrfach verarbeitet worden ist.

F. Wibel hat allerdings in seinem Schriftchen über die Cultur der Bronzezeit Nord- und Mitteleuropa's (1865) die Reihenfolge der Metallanwendung etwas anders festzustellen versucht, indem er dabei von der Annahme ausgeht, die Bewohner Nord- und Mitteleuropa's hätten sich allmälig selbstständig eine Kenntniss der Metalle und ihrer Bearbeitung erworben. Nach ihm ist für sie die Altersreihe: Gold, Bronze, Kupfer, Zinn, Blei, Silber und Eisen. Bronze ist hiernach durch Verschmelzung von zinnhaltigen Kupfererzen vor den beiden einzelnen Metallen dargestellt worden. Die Zinnbarre, die man in einem Pfahlbau gefunden, sowie die leichtere und ältere Gewinnung des Zinnes aus Seifenlagern, im Vergleich zu der aus Gängen, spricht aber nicht für allgemeine Geltung dieser Reihe, und wo man gediegenes Kupfer fand, da hat man es sicher früher benutzt als seine Erze.

Wir leben gegenwärtig recht eigentlich noch in der Eisenzeit; noch nie ist dieses Metall so herrschend und so allgemein verbreitet gewesen als jetzt, doch ist in der Anwendung desselben in so fern eine Aenderung eingetreten, als man mehr und mehr Stahl daraus darstellt. Dieses Stadium liesse sich als Gussstahlzeit bezeichnen. Aber es ist wohl möglich, dass

wir uns bereits dem Culminationspunkt der Eisenzeit nähern, und dass mit dem Eisen dann ein anderes Metall die Herrschaft theilt.

Welches könnte das sein? Nun es bedürfte in der That nur einer leichten und billigen Methode für die Darstellung des Aluminiums aus Thon oder Lehm, nm dieses Metall für viele Zwecke noch nutzbarer zu machen als Eisen. Seine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation und seine, für ein Metall ganz ungewöhnliche Leichtigkeit, lassen eine sehr ausgedehnte Anwendung desselben für manche Zwecke erwarten, wenn es auch niemals das Eisen verdrängen wird, wie ja auch dieses die Bronze, das Kupfer und den Stein nicht vollständig verdrängt hat. Es sind zu den zuerst angewendeten Materialien nur immer neue, und z. Th. brauchbarere hinzugekommen, — auch hier also eine Summirung der Resultate.

Die Stein- und Metallzeitalter, welche in dem natürlichen Verlauf der höheren Entwickelung, deren Ausdruck sie zugleich sind, ihre vollständige Begründung finden, entwickelten sich aber keineswegs überall gleichzeitig, vielmehr in den verschiedenen Ländern oder Welttheilen sehr ungleichzeitig und mit theilweisen Ueberspringungen, gerade so wie die Cultur der verschiedenen Völker nicht gleichen Schritt einhielt.

Statt Stein-, Bronze- und Eisen-Zeitalter, würde man richtiger Stein-, Bronze- oder Eisen-Stadium der Entwickelung sagen.

Während in Europa und in manchen anderen Gegenden der alten Welt längst das Eisenzeitalter eingetreten, d. h. dieses Metall sehr allgemein eingeführt und gleichsam zur Herrschaft gelangt war, kämpften die Völker Amerika's noch Jahrhunderte mit Waffen von Kupfer, Bronze oder Stein. In manchem entlegenen Erdwinkel, auf mancher einsamen Insel findet man sogar noch jetzt die heimische Bevölkerung im Stein- oder Holzzeitalter, wie denn überhaupt die verschiedensten Entwickelungsstufen der Menschen neben einander bestehen. Die Entwickelungsgeschichte der Menschen ist keine allgemeine und in allen Erdgegenden zusammenhängend gleichmässig fortschreitende, sondern für jedes Land oder Volk eine besondere,

mehr oder weniger begünstigt durch Weltlage, Klima und Bodenbau.

In den Waffen und Geräthen drückt sich zugleich der geistige Entwickelungszustand aus; überall aber wo Eisenvölker gegen solche vordrangen, denen dieses Metall noch nicht geläufig, da wurden sie deren Besieger und Herrscher, nicht nur durch das bessere Material ihrer Waffen, sondern auch weil sie überhaupt eine höhere Stufe der Cultur erklommen hatten. Sie führten nun plötzlich, oft unmittelbar nach dem Stein, das Eisen ein, und die Bronzezeit ward ganz überschritten.

Auch in dieser Beziehung zeigt uns die Geologie eine grosse Uebereinstimmung mit der Geschichte. Auch in den Ablagerungen der Erde finden sich grosse locale Lücken, dergestalt, dass z. B. unmittelbar über den Gesteinen der Grauwackenperiode die der Kreideperiode liegen. Der Grund dieser geologischen Lücken ist allerdings ein etwas anderer, aber die Geschichte der Erde lässt sich ebenso wie die der Menschen nur bis zu einem gewissen Grade, und nie in scharf abgegrenzte allgemeine Perioden eintheilen. Auch der Erdbau schritt local ungleich vor; von irgend einer allgemeinen geologischen Katastrophe, welche die gesammte Erdoberfläche gleichzeitig betroffen, ist noch nicht die geringste Spur aufgefunden worden, so sehr sich auch die Phantasie mancher Naturforscher damit beschäftigt hat. Die geologische Vorwelt ist überhaupt nicht durchaus und wesentlich von der geschichtlichen Jetztwelt abweichend, und am wenigsten durch irgend einen scharfen Abschnitt davon getrennt; beide verlaufen vielmehr allmälig in einander, wie alle früheren geologischen Perioden in einander verlaufen. Selbst die Entstehung oder das erste Auftreten des Menschen fand sicher nicht überall gleichzeitig statt, so dass ganze Inselgruppen und Welttheile noch von keines Menschen Fuss betreten waren, während andere schon eine zahlreiche Bevölkerung enthielten. Das Auftreten neuer Thier- oder Pflanzenarten glich aber ganz dem Auftreten neuer menschlicher Individuen. Die Organismen, welche in den verschiedensten

Perioden die Erde bewohnten, und deren Ueberreste man versteinert findet, sind zwar stets andere geworden, der Art, dass zwei weit aus einander liegende Zeiträume sich in dieser Beziehung sehr stark von einander unterscheiden, aber niemals ist eine solche Aenderung plötzlich eingetreten; die ungleichen Arten sind vielmehr in ganz ähnlicher Weise auf einander gefolgt wie die einzelnen Individuen. Während einige Arten erloschen, entstanden andere neu; aber neben den neuen lebten zu jeder Zeit sehr viele alte Arten fort, bis auch sie nicht mehr den veränderten Zuständen entsprachen. So hat nach und nach eine stete Aenderung der organischen Einzelformen stattgefunden, ohne dass jemals eine Unterbrechung in dem allgemeinen Haushalt des Lebens eintrat.

Ein Unterschied zwischen der Geschichte der Erde und der der Menschen darf aber hier allerdings nicht unerwähnt bleiben; während nämlich auf der Erde die nach einander aufgetretenen Species der organischen Wesen im Grossen und Ganzen einen überall gleichmässigen und auch ziemlich gleichzeitigen Fortschritt vom Niederen zum Höheren, vom Einfacheren zum Mannigfaltigeren verrathen, — also einen Fortschritt nach allgemeinen Gesetzen — erkennen wir aus den Ueberbleibseln der menschlichen Kunst viel deutlichere locale Fortschritte, der Art, dass in dem einen Lande noch die niederste Entwickelung herrscht, während in einem anderen bereits eine sehr hohe erreicht ist. Selbst dieser Unterschied ist jedoch nur ein relativer, denn im Allgemeinen zeigt auch die Menschheit ein Fortschreiten zu immer höherer Entwickelung, und local ist auch die Reihenfolge der höheren Speciesentwickelung keine ganz gleichmässige.

Gehen wir jetzt noch etwas specieller auf das Steinzeitalter und dessen Ueberreste ein.

Ueberall wo der Mensch sich über den ersten Natur- oder Urzustand erhoben und einige Kunstfertigkeit entwickelt hat, da beginnt diese mit Bearbeitung des Steins (des Holzes, der Muscheln, der Knochen) — mit Steingeräthen — man suchte nach etwas Hartem, um das weichere Holz, Knochen, Horn und

dergleichen zu bearbeiten. Die Anwendung der Metalle ist offenbar erst nach der Sonderung einzelner Volksstämme, und von diesen in ungleichen Zeiten, entdeckt oder angenommen worden. Wäre sie schon den ersten Bewohnern der Erde geläufig gewesen, so würde sie sicher auch allen ihren Nachkommen, nur in ungleichem Grade der Ausbildung, verblieben sein.

Man kennt Steingeräthe in grosser Zahl aus Deutschland, Skandinavien, England, Frankreich, der Schweiz, Italien und Griechenland; man kennt sie aus Nordamerika, aus Mexico, aus Ostindien und aus zahlreichen anderen nichteuropäischen Ländern, besonders von solchen Inseln, denen metallische Lagerstätten fehlen, — von diesen sogar aus der neuesten Zeit herrührende.

Die Steinarten die man zu solchen Geräthen verwendete und die Formen die man daraus herstellte, zeigen in den verschiedensten Ländern und aus den verschiedensten Zeiten, bei unwesentlichen localen Modificationen, eine gewisse allgemeine Uebereinstimmung, welche gleichsam durch die Natur geboten war. Nur die Zeit der Anwendung war eine sehr ungleiche, d. h. die absolute Zeit, nicht die relative, welche letztere stets dem Entwickelungszustande der Völker entsprach.

Als Material für Steingeräthe wurden in der Regel möglichst harte und zugleich zähe Steinarten gewählt. So z. B. je nach dem localen Vorkommen: Feuerstein, Hornstein, Quarz, Grünstein, Gabbro, Serpentin, Basalt, Lava, Obsidian, ganz vorzugsweise gern aber Nephrit, den man dazu schon in sehr alter Zeit verführt zu haben scheint, denn Fundorte desselben sind bis jetzt nur in Asien und auf Neuseeland sicher bekannt.

Die Formen der Geräthe aus Stein sind zwar im Allgemeinen weit einfacher und weniger verziert als die der Bronzen, sie variiren aber doch schon einigermaassen nach der Zeit, der Mode, dem Material und dem Zweck.

Am häufigsten findet man Keile, Beile oder Meisel; sie dienten wohl zugleich als Werkzeuge und als Waffen; ihnen schliessen sich durch die Form zunächst die seltneren Hämmer

an. Ihre Befestigung au einen Stiel, Helm oder Griff aus Holz geschah auf verschiedene Weise; durch eine gebohrte Oese (in der Schweiz selten), durch Einklemmen in einen Spalt, in welchem sie dann mit Lederriemen, Sehnen oder Pflanzenfasern festgebunden wurden, oder durch theilweises Versenken in das dicke Ende eines Hirschgeweihes, so namentlich die Meisel (besonders häufig in der Schweiz).

Nächst den Beilen, Hämmern, Keilen und Meiseln finden sich am häufigsten Messer, Pfeilspitzen und sägenartige Instrumente. Dazu eignete sich in Europa vorzugsweise der Feuerstein, in Mexico der Obsidian. Aus ihm haben die Indianer noch lange nach der Entdeckung Amerika's vortreffliche Rasirmesser, und selbst aus einem Stück sehr kunstreich ausgeschlagene Armbänder hergestellt.

In der Schweiz hat man ferner aus Stein aufgefunden: Schlagsteine, Schleudersteine, Webstuhlsteine, Wetzsteine aus Sandstein und Reibsteine aus Granit, welche letztere als Quetschmühlen für Körner dienten, endlich einige Schmucksachen und Amulette.

Die Anfertigung dieser Geräthe scheint wenigstens in der letzten Zeit der Steinperiode vorzugsweise an besonderen Orten, und wie die der Thongefässe, in besonderen Werkstätten erfolgt zu sein.

Steine dienten von je her im rohen wie im bearbeiteten Zustande als Wurfwaffen oder Geschosse, nicht blos für die freie Hand, wie schon vor Troja, sondern auch für Schleudern (David) und für Ballisten; ja sie reichen als sehr ernste Waffen ziemlich weit in die Zeit herein, in der man nicht nur Eisen, sondern auch Schiesspulver zu Kriegszwecken verwendete. Die ältesten Geschützkugeln wurden vorherrschend aus Stein gearbeitet, und sogar die Gewichtsbestimmung der Geschützkaliber stammt z. Th. noch aus dieser Steinkugelzeit her.

Die Anwendung des Steins als Angriffswaffe, zum Werfen, ist jedenfalls die ursprünglichste; selbst einige Affenarten bedienen sich bekanntlich dieser Waffe, und sie dürfte auch beim Menschen jeder Bearbeitung vorhergegangen sein. Dann erst

trat eine anfangs sehr rohe Bearbeitung für manche andere Zwecke ein, die sich mehr und mehr ausbildete, bis man nicht nur zweckmässige, sondern selbst zierliche Formen aus Stein herstellte.

Alter des Menschengeschlechtes.

Bis hierher haben uns die merkwürdigen Pfahlbauten geleitet; weit darüber hinaus reichen aber, wie es scheint, die Steingeräthe und die Reste von Menschenknochen, die man neuerlich an sehr vielen Orten, besonders in Frankreich, England, Belgien und Dänemark innerhalb gewisser Ablagerungen aufgefunden hat, die zugleich Reste von ausgestorbenen Thieren enthalten, oder die sich aus anderen Gründen als sehr alt ergeben. Was bis zum Jahre 1862 darüber bekannt war, hat Lyell in seinem Werk: *The antiquity of man*" 1863 sehr sorgfältig zusammengestellt. Seitdem sind aber bereits eine Menge neue Entdeckungen auf diesem Gebiete gemacht worden, aus denen die Richtigkeit der Thatsachen übereinstimmend hervorgeht. Eine gute Sammlung derselben findet sich in Le Hon's *l'homme fossile* 1867.

Folgen wir Lyell's Buch für die Uebersicht dieser merkwürdigen Funde, die nöthigen Bemerkungen werden sich auch hier leicht einflechten lassen.

Die Torflager Dänemarks, welche 10 bis 40 Fuss Mächtigkeit erreichen, liegen in Vertiefungen der nordischen Diluvialformation, sind also neuer als diese. Ihre unterste Schicht, 1 bis 3 Fuss dick, besteht fast ausschliesslich aus dem gewöhnlichen Torfmoos *Sphagnum palustre;* darüber sind dann auch andere Pflanzen eingemengt, namentlich viele Stämme von Fichten *(Pinus sylvestris)*, höher hinauf auch Eichen, Birken, Haseln und Aspen. In den jetzigen Wäldern dieser Gegenden herrscht dagegen durchaus die Rothbuche *(Fagus sylvatica)* vor. Schon die Reihenfolge der vorherrschenden Holzarten ist sehr merkwürdig. Man kann auf einander folgend eine

Fichten-, Eichen- und Buchenperiode unterscheiden; zur Römerzeit bestand bereits die letztere. Vielfach sind in diesen Torflagern auch Kunstproducte aufgefunden worden. Unter einem Fichtenstamm fand Steenstrup Feuersteinwaffen als die ältesten, und es scheint, dass sich die Zeitalter der Geräthe den Zeitaltern der herrschenden Waldbäume auf den dänischen Inseln, wie folgt zuordnen:

Steingeräthe — Fichtenperiode,
Stein- und Bronzegeräthe — Eichenperiode,
Eisengeräthe — Buchenperiode.

Nächst den Torflagern sind in Dänemark die Haufen oder Hügel von Austerschalen und von den Schalen anderer essbarer Conchylien besonders merkwürdig, da sie offenbar durch frühzeitige Bewohner aufgehäuft wurden, und zugleich Knochen von anderen Thieren, sowie einzelne Geräthe aus Feuerstein, Knochen, Horn oder Holz, nie aber aus Bronze, enthalten. Es scheint demnach bei diesem Austern verzehrenden Völkerstamme der Steinperiode schon eine Art von Strassenpolizei bestanden zu haben, welche darauf sah, dass die leeren Schalen und andere Speisereste an besonderen Stellen vor dem Dorfe aufgeschüttet wurden. Diese Hügel erreichen zuweilen 10 Fuss Höhe, und 1000 Fuss im Durchmesser, setzen daher eine ziemlich lange Entstehungsperiode voraus, die lediglich der Steinzeit angehört. Sie finden sich nur an den Küsten der Ostsee, nicht an denen der Nordsee, und doch sind alle die Schalen essbarer Conchylien *(Ostraca edulis, Mytilus edulis* und *Littorina littoraca)* so gross als die derselben Species in der Nordsee, während sie gegenwärtig in den brakischen Gewässern der Ostsee nur $1/3$ oder $1/2$ dieser Grösse erreichen. Diese auffallende Erscheinung lässt sich geologisch erklären. Aus mehreren Thatsachen geht nämlich als sehr wahrscheinlich hervor, dass die Verbindung der Ostsee mit der Nordsee früher über einen Theil von Jütland hinweg noch eine weit offenere gewesen ist, als gegenwärtig durch die schmalen Meerengen des Sundes und der Belte, und dass in Folge davon damals auch das Wasser der Ostsee echtes Meerwasser war, nicht brakisch wie jetzt.

Eine Zeitabschätzung ist hier freilich nicht möglich, jedenfalls hat aber ein sehr langer Zeitraum dazu gehört, um eine so totale Aenderung des Zustandes zu bewirken. Die Thierreste welche man in jenen Hügeln gefunden hat, rühren alle von noch lebenden Species her, doch sind darunter sehr viele Knochen vom Pinguin *(Alca impennis)*, der jetzt diese Gegenden nicht mehr bewohnt.

Aehnliche Hügel von Speiseabfällen sind seitdem auch in Schottland mehrfach beobachtet worden, und Robert Walker beschrieb ganz kürzlich einen solchen, welcher bei St. Andrews gefunden wurde, und welcher auch vielerlei Knochen, sowie rohe Thongefässe und Steinmassen enthält, im *Philos. magaz.* Nov. 1866 p. 321.

Vereinzelt würden solche Beobachtungen, welche positive Zeitbestimmungen nicht zulassen, keinen grossen Werth haben, aber durch die Vielzahl analoger Fälle ergeben sich daraus Schlussfolgerungen von hohem Werth. Ich werde deshalb von der grossen Zahl der bekannten die hervorragendsten, aus z. Th. sehr weit von einander entfernten Gegenden, hier zusammenstellen.

Im Nilthale, dessen breiter Boden vom Fluss angeschwemmt ist, wurden in den Jahren 1851—1854 auf Veranlassung Leonhardt Horner's zwei Reihen Schächte und Bohrlöcher abgeteuft, um den angeschwemmten Boden zu untersuchen. Die Schächte brachte man bis 24 Fuss tief nieder, die Bohrlöcher bis 60 Fuss tief; auch mit letzteren wurde der Boden des Schwemmlandes noch nicht erreicht. Bis in die grössten erreichten Tiefen hinab fanden sich im Schlamm Spuren menschlicher Thätigkeit, namentlich Ziegelstücke, Topfscherben und ein kupfernes Messer, sowie Schalen von Süsswassermuscheln, die sämmtlich mit jetzt lebenden Species übereinstimmen.

Nach Schätzung französischer Ingenieure beträgt die Nilanschwemmung im Mittel 5 Zoll in je 100 Jahren. Rechnet man nun, um sicherer zu geben, mit Horner, dass sie durchschnittlich in 100 Jahren 6 Zoll betragen habe, so waren, um 60 Fuss Dicke zu erreichen, immerhin 12000 Jahre nöthig,

und zwar nur für den bis jetzt aufgeschlossenen Theil der Ablagerung. Wie mächtig dieselbe darunter noch fortsetzt, ist unbekannt.

Diese geologische Thatsache steht demnach, ohne irgend eine Zeitgrenze zu ziehen, in vollem Einklang mit dem, was nach einer vorhergehenden Bemerkung aus historischen Untersuchungen ganz anderer Art hervorgeht.

Wenden wir uns jetzt von Afrika nach Nordamerika.

Im Ohiothale wurden zahlreiche künstliche Hügel aufgefunden, die von einem unbekannten Volke herrühren, — mögen sie diesem nun als Grabhügel, Tempelhügel oder Befestigungen gedient haben — deren Masse bis 20 Millionen Cubikfuss beträgt. Einige sind von mächtigen Bäumen bewachsen, deren einer, als er im Jahr 1842 gefällt wurde, 800 Jahresringe erkennen liess. In diesen Hügeln fand man Geräthe von Stein, Silber und Kupfer, Thonwaaren, rohe Sculpturen und Menschenknochen, sowie Meeresmuschelschalen. Irgend ein Zeitalter lässt sich für den Bau dieser Hügel wieder nicht bestimmen, wohl aber ergiebt sich aus ihrem Inhalt und den Bäumen die darauf stehen, dass diese Gegend bereits vor tausend Jahren von einem Volke bewohnt wurde, welches in der Cultur und im Verkehr so weit vorgeschritten war, dass es Obsidian aus Mexico, Kupfer und Silber vom *lake superior*, und Muschelschalen aus dem Golf von Mexico beziehen konnte.

Aus der Lage einiger Menschenschädel, welche beim Grundgraben für eine Gasanstalt zu New-Orleans 16 Fuss tief unter der Oberfläche gefunden wurden, berechnete Dr. Dowler mit Berücksichtigung der jetzigen Flussanschwemmung ein Alter von 50000 Jahren. Die Grundlagen für diese Berechnung sind indessen ziemlich unsicher.

Die Halbinsel Florida ist im Süden von breiten Korallenriffen umgeben, die nur aus lebenden Species bestehen. Aus dem gegenwärtigen Wachsthum dieser Riffe berechnete Agassiz für sie überhaupt ein Alter von 135000 Jahren, die Lage von Menschenresten in denselben deutet aber für diese ein Alter von 10000 Jahren an.

Kehren wir von dieser Abschweifung über den atlantischen Ocean nach Europa zurück.

Die Steingeräthe und Canoes die man in den alten Uferlinien an der West- und Ostküste des mittleren Schottlands aufgefunden hat, scheinen jedenfalls sehr alt zu sein, bieten aber keinen einigermaassen sicheren Anhaltepunkt für Zeitbestimmung.

Es verhält sich ähnlich mit den Ueberresten einer Fischerhütte, welche bei der Grabung des Canals der den Mälarsee mit der Ostsee verbindet, unter 60 Fuss dicken marinen Ablagerungen, aber unter der jetzigen Landoberfläche aufgefunden wurde. Aus ihrer starken Bedeckung durch marine Schichten geht hervor, dass diese Gegend nach Erbauung der Hütte gesunken, in diesem Niveau sehr lange vom Meere bedeckt gewesen sei, und dann in einer Zeit die allen historischen Nachrichten vorausgeht, wieder gehoben wurde.

Hieran reiht sich nun die Auffindung von Menschenresten zusammen mit solchen ausgestorbener Thierspecies an, worüber die zuverlässigsten Berichte, namentlich aus Frankreich, sich in den letzten Jahren so erstaunlich vermehrt haben, dass man vom Jahre 1861—1865 kaum ein Heft der „*Comptes rendues*“ aufschlagen konnte, ohne neue Mittheilungen darüber zu finden. Um den reichen Stoff einigermaassen zu sammeln, hat sogar von Mortillet eine besondere Monatsschrift herauszugeben angefangen, unter dem Titel: *Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme.*

Auch hiervon mögen einige Fälle als Beispiele genügen.

In der Höhle von Bize im südlichen Frankreich fand Tournal schon 1828 Knochen und Zähne von Menschen, sowie Topfscherben, zusammen mit Knochen ausgestorbener Säugethiere, welche letztere sich nach Marcel de Serres genau in demselben chemischen Zustande befanden wie die Menschenknochen. Beide waren auch derart eingelagert, dass man daraus schliessen musste, sie seien nicht etwa später gemeinsam eingeschwemmt, sondern vielmehr ursprünglich so abgelagert.

In der Höhle von Pondres (Languedoc) fand Christol Menschenknochen und Topfscherben zusammen mit Knochen von Hyänen und Rhinoceros, die Topfscherben z. Th. unter den Thierknochen. — Durch Desnoyer wurden diese Thatsachen zwar zweifelhaft gemacht, aber neuere Untersuchungen haben sie von diesen Zweifeln vollständig befreit.

Bereits 1833 bis 34 veröffentlichte Dr. Schmerling seine *„Recherches sur les ossements fossiles dans les cavernes de la province de Liége"*, worin er nachwies, dass in diesen Höhlen Menschenknochen zusammen vorkommen mit solchen von *Ursus speläus, Hyäna, Elephas, Rhinoceros,* Wildkatze, Biber, Bär, Wolf u. s. w., dass alle diese Knochen sich in demselben Zustande der Erhaltung befinden, und dass die meisten derselben noch von Fleisch umhüllt, als Cadaver eingeschwemmt worden sein müssen. Unter den Knochen fand man auch Feuersteingeräthe und eine aus Knochen angefertigte Nadel. Diese sehr merkwürdigen Beobachtungen wurden, zum Theil wohl in Folge allgemeinen Vorurtheiles, zu jener Zeit wenig beachtet, und bald fast ganz vergessen. Es gehörten neue Funde und viele Jahre dazu, nm das Vorurtheil zu besiegen.

Im Jahr 1860 liess Lyell, angeregt durch analoge Entdeckungen in anderen Gegenden, durch Professor Malaise neue Nachgrabungen in mehr als 40 Höhlen der Umgegend von Lüttich veranstalten. Bald genug wurden auch wieder Menschenreste zwischen den Knochen jener ausgestorbenen Thiere aufgefunden, und zwar unter Umständen die keinen Zweifel an der Gleichzeitigkeit beider zuliessen.

Eine Zeitbestimmung des Alters ist auch hier unmöglich; für ein sehr hohes Alter, das jedenfalls viele Jahrtausende betragen muss, sprechen aber erstens die Reste der ausgestorbenen Säugethierspecies, nnd zweitens die Lage der Höhlen an den steilen Abhängen des Thales, etwa 200 Fuss über dem jetzigen Niveau der Meuse, während doch die Knochen offenbar durch Wasser eingeschwemmt worden sind, so dass das Thal also erst nachher zu seiner jetzigen Tiefe ausgewaschen sein kann.

Digitized by Google

Im Jahre 1857 fand man in der Neanderthal-Höhle bei Düsseldorf die Reste eines menschlichen Skelettes und einen Bärenzahn. Der Schädel des Skelettes ist ein sehr merkwürdiger; nach Huxleys Untersuchungen steht er einem Affenschädel mindestens ebenso nahe als einem gut entwickelten Menschenschädel. Trotzdem ist dieser Fall ein zu vereinzelter, um ihn als kraftvolle Stütze für die Darwinsche Theorie der Artenbildung zu verwenden, die durch andere Forschungen weit besser gestützt wird. Ueber diesen Fund erschien ein besonderes Schriftchen: Der fossile Mensch aus dem Neanderthal von Fahlrott 1865.

Sehr viele Flussthäler Europas enthalten durch ihre Flüsse angeschwemmte Ablagerungen, die oft eine Mächtigkeit von mehr als 40 Fuss erreichen und häufig sogenannte alte Uferterrassen bilden, deren auch wohl mehrere über einander liegen. Man hat in diesen Ablagerungen schon längst Ueberreste von Mammuth, Rhinoceros und dergleichen aufgefunden, aber erst der neuesten Zeit war es vorbehalten, darin auch Menschenreste, namentlich Steingeräthe zu entdecken. Boucher de Perthes fand solche seit 1841 in grosser Zahl in dem alten Alluvium von Abbeville in der Picardie, und beschrieb sie 1847 in seinen *„Antiquités celtiques“*, sowie später vielfach in den *„Comptes rendues“*. Dabei machte er zuerst einen Unterschied zwischen den nur roh und den besser bearbeiteten, oft fein geschliffenen Steingeräthen. Der Fortschritt in der Kunstfertigkeit und im Formensinn, welcher von den einen zu den anderen führte, setzt wiederum einen sehr grossen Zeitraum voraus, der sich freilich jeder Berechnung entzieht.

Als man 1858 bei Brixham unweit Torquay in Devonshire eine neue, noch unverletzte Knochenhöhle entdeckte, beschloss die *Royal Society* dieselbe ganz systematisch untersuchen und ausbeuten zu lassen. Es geschah das durch Herrn Pengelly unter Leitung der Herren Prestwich und Dr. Falconer.

Man durchbrach zu oberst eine bis 15 Zoll dicke Kalksinterkruste, darunter folgte Lehm und Knochenerde (Höhlenschlamm) 1 bis 15 Fuss mächtig, auf dem Boden der Ver-

tiefungen aber lagen abgerundete Flussgeschiebe, an einzelnen Stellen bis 20 Fuss dick über einander. Im Höhlenschlamm fand man Knochen von *Elephas primigenius, Rhinoceros tichorinus, Ursus spelaeus, Hyaena spelaea, Felis spelaea, Cervus Tarandus* u. s. w., aber keine Menschenknochen; dafür um so mehr Feuersteingeräthe, welche vorzugsweise in den unteren Schichten des knochenführenden Schlammes lagen. Es wurden hier allein 15 deutliche Feuersteinmesser aufgefunden. Da Dr. Falconer eines der Bärenskelette in so unverletztem Zustande vom Höhlenschlamm eingeschlossen fand, dass man nothwendig voraussetzen muss, der ganze Kadaver des Thieres sei von dem Schlamm umhüllt worden, so ist die gleichzeitige Existenz des Höhlenbären mit den Verfertigern jener Feuersteinmesser ganz unzweifelhaft.

Auch in diesem Falle setzen die mechanischen Einschwemmungen in den Höhlenraum, welche der ziemlich dicken Kalksinterkrustenbildung vorausgingen, bedeutende geologische Veränderungen voraus, denn die Höhle, deren tiefste Stellen mit Flussgeschieben erfüllt sind, liegt jetzt 60 Fuss über dem Fluss. Wie viel Zeit dazu nöthig war, um jene Einschwemmungen zu vollenden und dann das Thal 60 Fuss zu vertiefen, ist schwer abzuschätzen, da die Energie dieser Thätigkeit nicht bekannt ist, dass aber dazu, sowie zu einer so bedeutenden Aenderung der Säugethierfauna sehr viele Jahrtausende nöthig waren, ist ganz unzweifelhaft. Auch die Kalksinterkruste bildete sich offenbar erst, als der Fluss nicht mehr in die Höhle eintreten konnte.

Im Thal der Somme in der Picardie finden sich neben und über dem jetzigen, zum Theil mit 20 Fuss dickem Torf bedeckten Alluvialboden mehrere alte, aus Flussgeröllen und Lehm bestehende Anschwemmungsterrassen über einander. In einer derselben wurden in der unteren, von 15 Fuss Lehm bedeckten Geröllschicht zahlreiche roh bearbeitete Feuersteinwaffen zusammen mit Knochen von *Elephas primigenius, Rhinoceros tichorinus* u. s. w. aufgefunden, deren gleichzeitige Ablagerung ganz unzweifelhaft nachgewiesen worden ist. Die Lagerungsverhältnisse lassen hier auf ein ähnlich hohes Alter schliessen

wie in den Höhlen von Devonshire. Die mächtige Torfbildung, welche im Sommethale entschieden neuer ist und keine ausgestorbene Species, wohl aber in ihren oberen Schichten einige altrömische Ueberreste enthält, setzt für sich allein schon einen Bildungszeitraum von mehr als tausend Jahren voraus.

Auch das Seinethal zeigt in der Gegend von Paris zwei alte Flussterrassen, welche aus Schlamm und Geröllen bestehen, und in denen man schon längst Reste von *Elephas primigenius* und *antiquus* aufgefunden hatte. Im Jahre 1860 fand Herr Gosse aus Genf darin auch Feuersteinwaffen, von derselben Art wie die im Sommethal gefundenen. Lartet entdeckte dann dergleichen bei Clichy, zusammen mit den Knochen von Mammuth.

Im Themsethal bei und unterhalb London wiederholen sich dieselben Erscheinungen. Knochen von denselben ausgestorbenen und lebenden Thierspecies und Süsswassermuscheln kommen zusammen vor mit gleichen Feuersteingeräthen. Lyell schliesst daraus, Frankreich und England müssten damals noch mit einander verbunden gewesen sein, weil sonst eine Uebereinstimmung der schwerfälligen Landthiere und der Süsswassermuscheln, von mehr nordischem Charakter als sie jetzt in derselben Gegend vorkommen, kaum denkbar sein würde; er schliesst daraus ferner, dass das Klima zu jener Zeit in diesen Ländern ein kälteres war als jetzt. Die Nashörner und Elephanten waren mit dichter Wolle bedeckt.

Daran reihen sich unmittelbar die zahlreichen Beispiele des Vorkommens von Steingeräthen, zusammen mit Knochen zum Theil ausgestorbener, zum Theil lebender Thiere aus dem Thal der Ouse bei Bedford, von Hoxne und Icklingham in Suffolk, aus den Höhlen von Wells in Somersetshire und aus denen der Halbinsel Gower in Clamorganshire, sowie die Beobachtungen in den Höhlen des nördlichen Siciliens und Sardiniens. Von ganz besonderer Wichtigkeit war aber die schon 1852 erfolgte Auffindung einer, offenbar als Grabstätte benutzten Höhle bei Aurignac im südlichen Frankreich, in welcher man die Knochenreste von 70 Menschen fand, und dabei nicht

nur einige Feuersteinmesser, sondern auch Geräthe welche aus den Knochen vom Höhlenbär und vom Rennthier angefertigt sind, die man doch sicher nicht im fossilen Zustande zu solchen Zwecken benutzen konnte. Auf einer Art Opferplatz vor der Oeffnung dieser Höhle fand man ebenfalls verschüttete Geräthe aus Knochen von theils ausgestorbenen, theils noch lebenden Thierspecies.

Ausserordentlich interessant könnte die 1864 erfolgte Auffindung von mehreren Stücken fossilen Elfenbeins in den Höhlen von Perigord durch Lartet sein, da er, wie Dr. Falconer und de Verneuil, darauf die rohe Gravirung eines *Elephas primigenius* mit starker Mähne erkannte (*Compt. rend.* 1865, t. 61, p. 309). Es drängt sich jedoch gegen die Echtheit dieses Fundes ein Zweifel auf, da die Menschen der ältesten Steinperiode nicht einmal ihre Thongefässe verziert haben, also schwerlich sich mit der Zeichnung von Thieren beschäftigten.

Unter den Hunderten von Beobachtungen der Art, welche in neuerer Zeit gemacht worden sind, mögen einzelne auf Irrthümern beruhen, wie das Eugene Robert für die Feuersteine von Persigny-le-Grand nachgewiesen hat; die sorgfältigste Kritik mag für jeden Fall geboten erscheinen, da leicht Verwechselungen möglich, aber es sind so viele unzweifelhafte, genau beobachtete Thatsachen darunter, dass die von Einigen noch immer dagegen erhobenen Zweifel höchstens vereinzelte Fälle unsicher machen können, während die Richtigkeit der Hauptresultate als feststehend anzusehen ist.

Nachdem ich im Vorstehenden eine ziemliche Anzahl, aber bei weitem nicht alle bekannten Beispiele vorgeführt habe, die ein Vorkommen von Menschenresten zusammen mit solchen ausgestorbener Thierspecies, oder wenigstens unter Lagerungsverhältnissen die auf ein hohes Alter schliessen lassen, mitgetheilt habe, möge es gestattet sein, einige Bemerkungen über die Natur dieser Fundstätten daran anzuschliessen.

Menschenknochen sind beinahe nur in Höhlenräumen aufgefunden worden, Steingeräthe dagegen sehr oft auch in Flussanschwemmungen oder anderen Ablagerungen an der Erdober-

fläche. Thierknochen finden sich zwar ebenfalls ganz besonders häufig in Höhlen, aber doch auch in anderen Ablagerungen zusammen mit Steinwaffen. Es ist wohl möglich, dass der Mensch schon sehr früh die Leichen seiner Genossen in irgend einer Weise bestattete oder vernichtete, die sie der Auffindung mehr entzieht als die der Thiere; in einigen Fällen scheinen sogar Höhlen Begräbnissplätze gewesen zu sein, in anderen waren sie vielleicht Zufluchtstätten oder Gelegenheiten für einzelne Unglücksfälle. Noch ein zweiter Umstand ist sehr beachtenswerth. Unzählige Höhlen kennt man, in denen Thierreste gefunden werden, aber alle die Thierreste die man bis jetzt darin gefunden hat, gehören der posttertiären Zeit an. Wie kommt es, darf man fragen, dass noch gar keine tertiären oder älteren Thierreste in Höhlen eingelagert aufgefunden wurden, da es doch höchst wahrscheinlich in allen geologischen Perioden Höhlen gab? Mir ist noch keine Erklärung dafür bekannt.

So lange nur ganz vereinzelte, und nicht einmal sehr sorgfältige Beobachtungen über das Vorkommen von Menschenresten zusammen mit Knochen ausgestorbener Säugethiere vorlagen, war es noch erlaubt, an dem Werth oder an der Richtigkeit der Beobachtung zu zweifeln, aber einer solchen Zahl z. Th. sehr wohl geprüfter Thatsachen gegenüber, wie sie Lyell in seinem Buche zusammenstellte, und wie sie seitdem noch durch zahlreiche neuere Beobachtungen bestätigt worden sind, kann kein Zweifel mehr bestehen; sie lassen sich nicht mehr ignoriren, und auch nicht mehr auf blosse Täuschungen zurückführen; es muss vielmehr jetzt als sicher anerkannt werden, dass unsere Erde bereits zu einer Zeit von Menschen bewohnt wurde, in welcher die Fauna der Säugethiere z. Th. aus jetzt ausgestorbenen Species bestand, in welcher namentlich in Europa noch *Elephas primigenius* und *antiquus*, *Rhinoceros tichorinus*, *Ursus spelaeus*, *Hyäna spelaea* u. s. w. heimisch waren, und in welcher Rennthiere im südlichen Frankreich, Nilpferde in England lebten. Das setzt aber voraus, dass die damaligen Lebensbedingungen wesentlich andere waren als jetzt, dass die physikalische Geographie

Europa's sich seitdem bedeutend verändert hat, dass dieser Zeitraum, in Jahrtausenden ausgedrückt, sehr weit zurück liegt, und dass eine scharfe Grenze zwischen der sogenannten Vorwelt und der Jetztwelt sich überhaupt nicht ziehen lässt. Ein wirkliches Zeitmaass für die Existenz des Menschen auf der Erde lässt sich dadurch leider nicht gewinnen, wohl aber drängt sich die Ueberzeugung auf, dass dieser Zeitraum um ein Vielfaches grösser sein müsse, als man früher gewöhnlich anzunehmen pflegte.

Lyell hat nun aber in seinem interessanten Buch die beobachteten Thatsachen noch weiter zu Schlüssen über die physikalischen Zustände Europa's in der Zeit aus welcher die ältesten beobachteten Menschenreste herrühren, verbunden. Er kommt dadurch zu dem Resultat, dass damals die mittlere Temperatur dieser Erdgegend eine weit niedrigere war als jetzt, dass die Vogesen und die Gebirge Schottlands und Irlands damals noch von Gletschern bedeckt waren, deren Spuren sehr sicher nachgewiesen sind, und dass England noch mit dem Continent zusammenhing.

Er glaubt für diese postpliocäne Zeit überhaupt folgende Reihe allgemeiner, aber sehr langsamer Aenderungen Europa's nachweisen zu können.

1. Erste Continentalperiode. Das ausgedehntere Festland erhob sich durchschnittlich etwa um 500 Fuss höher über das Meer als jetzt.
2. Eine Periode der Senkung, wodurch viele Inseln vom Continent getrennt wurden. Abkühlung, sog. Eiszeit.
3. Zweite Continentalperiode durch Hebung. Verbindung vieler Inseln mit dem Festland. Grosse Verbreitung der Gletscher. Bevölkerung durch Menschen zugleich mit *Elephas antiquus, Rhinoceros hemitöchus* und *Hippopotamus major*.
4. Inselabtrennungen durch langsame Auswaschung und kleinere locale Niveauänderungen. Allmälige Ausbildung des gegenwärtigen Zustandes.

Digitized by Google

Es stimmt diese für Europa aufgestellte Reihenfolge der Vorgänge sehr gut überein mit derjenigen, welche A. von Morlot aus den in der Schweiz beobachteten Thatsachen für das Alpengebiet abgeleitet hat, und welche in aller Kürze folgende Reihe bilden:

1. Erste Gletscherzeit. Grösste Ausdehnung der Gletscher.
2. Bildungszeit des älteren Diluvium. Continentalsenkung um vielleicht 1000 Fuss. Zurückweichen der Gletscher bis ins Innere der Alpen. Ablagerung von Sand und Geröllen (älteres Diluvium). Bildung der Schieferkohle aus Torflagern. *Elephas antiquus.*
3. Zweite Gletscherzeit. Neues Wachsen der Gletscher, aber nicht bis zu der Grösse der ersten Periode. Der Rhonegletscher z. B. erstreckte sich nicht über das Flussgebiet des Genfer Sees hinaus. Bildung deutlicher Moränen.
4. Bildungszeit des oberen Diluvium. Neues Zurückweichen der Gletscher ziemlich bis zu ihrem gegenwärtigen Stande. Bildung von deutlichen Diluvialterrassen (oberes Diluvium), weil der Continent etwas niedriger steht als später. *Elephas primigenius.* (Rohe Steingeräthe von Abbeville.)
5. Neuzeit. Der Continent hat sein gegenwärtiges Niveau erlangt. Pfahlbauten des Steinalters.

In der Schweiz hat man die ältesten Menschenreste — die der Pfahlbauten — erst aus dieser Periode gefunden, deren Dauer v. Morlot auf circa 10 Jahrtausend berechnet, bei Amiens und Abbeville dagegen aus der unter 4 charakterisirten, deren Dauer derselbe auf circa 100 Jahrtausend berechnet.

Alle diese Hebungen, Senkungen und Klimaänderungen sind offenbar nur sehr allmälig, nie plötzlich eingetreten. Die letzteren wurden sehr wahrscheinlich vorherrschend durch andere Vertheilung von Wasser und Land, und vielleicht zugleich durch gewisse astronomische Aenderungen bedingt, dergestalt, dass sie keineswegs in Widerspruch stehen mit einer steten Abnahme der Gesammttemperatur des Erdkörpers.

Ich habe in diesem Abschnitt gezeigt, wie innig Geologie und Geschichte mit einander verbunden sind, sowohl durch den Gegenstand als durch die Methode der Forschung. In beiden ergieht sich der allgemeine Fortschritt der Ereignisse und Zustände als das Resultat stetiger Ursachen. Plötzliche Umgestaltungen sind nur von localer oder vorübergehender Bedeutung. Wie in der Menschengeschichte nicht einzelne Individuen den allgemeinen Fortschritt, oder überhaupt die Umgestaltung bestimmen, sondern die langsame Entwickelung der Gesammtheit nur in einzelnen hervorragenden Männern zur besonderen Reife und zum klarsten Ausdruck gelangt, — der dann, die Massen beherrschend, allerdings mächtig eingreifen kann, — so ist auch der Verlauf der Erdbildung das Product zahlloser Einzelwirkungen, deren Spuren sich nur hie und da besonders deutlich erkennen lassen.

Wenn es einem Menschen möglich wäre, dem Wissen seiner Zeit um Jahrhunderte vorauszueilen, so würden ihn seine Mitmenschen nicht verstehen; er würde vereinsamt und machtlos sein, wie ein Führer der seiner Schaar so weit vorausgegangen, dass sie ihn nicht mehr sieht. Schon wenn ein Forscher oder Denker seiner Zeit nur um Jahrzehnte voraneilt, läuft er Gefahr ein Märtyrer der Wahrheit zu werden, weil für die in früheren Ansichten aufgewachsene Generation noch unerfassbar und unverständlich, was der nächsten Generation schon vollständig geläufig ist. Ein Vorauseilen um Jahrhunderte ist nicht möglich, so wenig als die Existenz einer Species bevor ihre Zeit gekommen, d. h. bevor sie durch die Umstände bedingt wird.

IX.

GEOLOGIE UND ASTRONOMIE.

Beobachtungen sind nur durch die Sinne möglich, ihre Verbindung und Deutung nur durch den Verstand.

Unsere Sinne, d. h. die Beobachtungen durch sie, haben sehr ungleiche Wirkungskreise. Gefühl und Geschmack reichen nicht über die unmittelbare Berührung hinaus; der Geruch scheinbar weiter, noch weiter das Gehör, am weitesten die Sehkraft. Mit diesen schwachen Hülfsmitteln ist es dem Menschen gelungen, von seinem irdischen Standpunkte aus einen noch ungemessenen Theil des Weltraumes zu untersuchen, und die Körper die sich in ihm bewegen, auf ihren Bahnen zu verfolgen, ihre gegenseitigen Beziehungen zu ermitteln.

Die charakteristischen Wirkungen der Gravitation können wir nur durch das Gefühl erkennen, die Gesetze derselben aber nur durch Zuhülfenahme des Auges und des combinirenden Verstandes.

Mit dem Auge durchdringen wir den Raum bis in noch ungemessene Ferne, und sehen darin leuchtende Körper, wahrscheinlich alle in steter Bewegung. So weit diese Beobachtungen reichen, herrschen überall dieselben Gesetze der Gravitation und des Lichtes. Wir betrachten diese deshalb als ganz allgemein gültig. Alle nicht durch sie bestimmbaren Eigen-

Digitized by Google

schaften der fernen Himmelskörper, ausserhalb unseres Sonnensystems, bleiben vorläufig überhaupt unbestimmbar.

Von den Körpern des Sonnensystems wissen wir etwas mehr als von den anderen. Wir kennen ihre Grösse, ihre Stellung und Bewegung zur Sonne, und daraus ihre Dichtigkeit (das specifische Gewicht) im Vergleich zu der der Erde.

Auch ihre besondere Gestalt ist zum Theil erkennbar, und zeigt sich überall in Uebereinstimmung mit dem Gesetze der Gravitation.

Die Sonne sendet uns Lichtstrahlen, aus deren genauer Untersuchung durch Kirchhoff's Spectralanalysen als höchst wahrscheinlich hervorgeht, dass der Centralkörper unseres Planetensystems gewisse Stoffe mit unserer Erde gemein hat. Die Analyse des Sonnenlichtes durch das Spectroskop ergab bis jetzt: Natrium, Magnesium, Calcium und Eisen; minder sicher auch Kupfer, Zink und Barium. Erwähnt werden noch Nickel, Kobalt, Mangan, Strontium, Sauerstoff und Wasserstoff. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass das Sonnenspectrum noch eine ganz ausserordentliche Zahl dunkler, sogenannter Fraunhofer'scher Linien enthält, die noch nicht mit Spectralfarben irdischer Stoffe verglichen werden konnten.

Es ist dies einer der merkwürdigsten Fortschritte in den Naturwissenschaften, welcher durch Bunsen's und Kirchhoff's, von J. Herschel bereits 1822 angeregte und von Stokes als Hypothese ausgesprochene, Entdeckung möglich wurde. Sind einmal einige Elemente in der Sonnensubstanz übereinstimmend mit solchen der Erde gefunden, so ist sehr wahrscheinlich, dass es auch noch manche andere sein werden, und berücksichtigt man dazu, dass auch die Meteoriten als zur Erde herabfallende ausserirdische Körper nur solche Elemente enthalten, die in der Erde bereits bekannt waren, so lässt sich vermuthen, dass unser ganzes Sonnensystem, wenn auch nicht eine überall gleiche, doch eine wesentlich übereinstimmende stoffliche Zusammensetzung besitzt. Auch andere Weltkörper können sich solchen Untersuchungen nicht mehr entziehen. Secchi fand die Spectra des Saturn und Jupiter unter einander überein-

stimmend, aber etwas abweichend von dem der Atmosphäre der Erde und der Sonne (Phil. mag. Juli 1865). J. Phillips glaubte auf dem Mars Land, Wasser und Schnee unterscheiden zu können (Das. April 1865). Die fernen Lichtnebel in Orion, Lyra und Dumbell zeigen nach Huggins und Secchi kleine Abweichungen, aber auch manche Uebereinstimmung mit dem Sonnenlicht (Phil. mag. April 1865 und Compt. rend. 1865, t. 60, p. 543). Der am 12. Mai 1866 in *Corona borealis* entdeckte neue Stern zeigte nach Huggins und Miller am 16. Mai zwei Spectra; eines von einer Photosphäre herrührend, ein anderes aus wenigen breiten Linien bestehend, als wenn es von leuchtendem Gas ausgehe. Auch der Stern selbst erschien wie von einer Lichthülle umgeben (Philos. mag. Oct. 1866, p. 310). Diese Thatsachen deuten, wie die Harmonie der Bewegungen, einen gemeinsamen Ursprung an.

Ueber den Zustand, die Entstehung und mögliche Wandelung der Sonne hat in neuester Zeit Faye eine sehr geistreiche Abhandlung geliefert (Compt. rend. 1865 Nr. 3 u. 4), welche auch für die Geologie von bedeutender Wichtigkeit ist, nicht nur weil beide Himmelskörper, Sonne und Erde, einen gemeinsamen Ursprung haben dürften, sondern auch, weil zahlreiche Vorgänge auf der Erdoberfläche sehr wesentlich durch die Wärme- und Lichtstrahlung der Sonne bedingt werden.

Die Sonne dürfte nach Faye folgende Entwickelungsgeschichte haben:

Erste Periode. Die Stoffe, die vorher im Raume vertheilt waren, vereinigten sich um ein Centrum; dabei ward ihre Bewegung in Wärme umgesetzt. Die hierdurch entstehende immense Temperatur bedingte einen Zustand vollständiger Dissociation der Atome, d. h. die local angehäufte Materie war nicht einmal zu Molekülen vereinigt. Ein solcher Nebelball konnte weder intensives Licht noch intensive Wärme ausstrahlen. Das Lichtspectrum musste viele grosse Lücken zeigen. Während dieses Zustandes konnte die Sonne auf der Erde auch noch kein organisches Leben erwecken, selbst wenn diese bereits dazu geeignet war. Helmholtz berechnete die Anfangs-

temperatur der Sonnenmasse auf ungefähr 28 Millionen Grad der hunderttheiligen Skala (Wechselwirkung der Naturkräfte 1854, S. 29).

Zweite Periode. Durch Wärmeausstrahlung ging der Zustand vollständiger Dissociation in eine gasförmige Vereinigung der Atome (oder nun Moleküle) über. Dieses ist der gegenwärtige Zustand der Sonne, in welchem sie sehr viel Wärme und unpolarisirtes Licht ausstrahlt. Der immense Vorrath von Wärme, welcher in dem Sonnenkörper angehäuft ist, reicht für eine unbestimmbare Zahl von Millionen Jahren aus, um diesen Zustand zu erhalten, und obwohl sich diese Wärme stets verringert, so wird der Wärmeverlust der Oberfläche doch stets ersetzt durch auf- und abwärts-gerichtete Strömungen, denen zugleich die Flecken und die Fackeln ihren Ursprung verdanken. Ist endlich der Wärmevorrath auch für diesen gasförmigen Zustand erschöpft, so tritt an seine Stelle in der

Dritten Periode ein flüssiger, der allmälig an Consistenz zunimmt, bis er endlich in einen festen übergeht. Auch dieser bleibt noch lange Licht- und Wärme-strahlend. Das von den Sonnenrändern, also schräg der Erde zustrahlende Licht, ist aber dann polarisirtes; es vermindert sich, und zuletzt bleibt nur noch ein dunkler Weltkörper mit erstarrter Oberfläche übrig.

Was dann? Unser Sonnensystem ist in Nacht versunken, das organische Leben auf der Erde geht zu Ende. Ob es solche dunkle Systeme bereits giebt? ob eine neue Stoffzerstreuung und Umbildung derselben möglich ist? Darauf bleibt uns die Wissenschaft vorläufig eine Antwort schuldig, wie auf jede letzte Frage.

Aber wenn auch einzelne Sonnensysteme verlöschen, so hat doch nur ein unendlich kleiner Theil des Weltraumes seine besondere Beleuchtung verloren, und diese strahlende Existenz dauerte nur während eines unendlich kleinen Theiles der Ewigkeit. Fehlte jede stetige Erneuerung, dann freilich würde einmal auch die letzte Sonne verlöschen, und es würden sich nur noch dunkle Körpersysteme im Raume bewegen. Eine solche

Vorstellung überschreitet jedoch schon gänzlich die Grenzen unseres Wissens und unserer Erfahrung; nur die Phantasie reicht etwas weiter als die exacte Wissenschaft.

Ist die obige Hypothese für die Sonne richtig, so ist sie es wahrscheinlich zugleich für alle Himmelskörper, insbesondere auch für die Erde nnd für den Mond. Da aber deren Masse weit geringer ist, so waren auch ihre Abkühlungsperioden viel kürzer, ihr Wärmevorrath wurde weit schneller erschöpft.

Auch sie waren einst leuchtende Nebelhallen, dann heissflüssige Körper, anfangs noch lichtstrahlend, dann dunkel, nur von der Sonne noch Licht empfangend. Bei der Erde ist aber das Innere noch heissflüssig, beim Monde vielleicht auch das nicht mehr. In so fern nun diese Perioden der Entwickelung zeitlich beschränkt und von bestimmten Vorgängen abhängig sind, könnte ihre Dauer sogar berechnet werden, wenn uns die nöthigen Unterlagen für die Rechnung zu Gebote ständen, nämlich der Wärmevorrath am Anfang und die Grösse der Ausstrahlung in bestimmten Zeiten. Da aber beide noch unbekannt sind, so können wir nur nach allgemeinen Abschätzungen auf eine immense Dauer schliessen.

Wiederholt habe ich in diesen Betrachtungen die Zeiträume der Geologie als unbeschränkt bezeichnet. Das ist hiernach nicht genau richtig; man kann sie nicht als vollkommen unbeschränkt, nicht als absolut unendlich bezeichnen; sie sind nur relativ, d. h. für menschliche Zeitbegriffe unermesslich, und wir haben deshalb für die Erdgeschichte freie Verfügung über so ungemessene Zeiträume. Es sind das nicht bestimmte Theile der Ewigkeit, d. h. nicht Zehntel, Hundertstel oder dergleichen, — denn die Ewigkeit ist in diesem Sinne eben so wenig theilbar als der unendliche Raum — wir können nur beliebige Zeiten oder Theile innerhalb der Ewigkeit, oder innerhalb des unendlichen Raumes in Anspruch nehmen und der weiteren Betrachtung nnterwerfen. Wir können in der Ewigkeit Tage, Jahre oder Jahrtausende als Zeiteinheiten wählen, aber die Ewigkeit umfasst eben so wohl unendlich viel Jahrtausende als Tage. Wir können im Raume nach Zollen oder nach Sonnenfernen

messen, aber der unendliche Raum umfasst von beiden wieder unendlich viele. Die Hälfte der Ewigkeit ist wieder eine Ewigkeit, oder $\frac{1}{2} \infty$ ist $= \infty$, d. h. der Ausdruck ist unzulässig, denn man kann etwas Unbegrenztes nicht in bestimmte Theile zerlegen.

Diese kleine Abschweifung sollte nur dazu dienen, auf den Begriff dieser Ausdrücke aufmerksam zu machen, und dadurch zugleich auf die mögliche Grösse der geologischen Zeiträume.

Dass die Astronomie der Geologie möglicherweise einst einen absoluten Zeitmaassstab zu liefern vermag, darauf komme ich im nächsten Abschnitt zurück.

Vom Monde kennen wir die formalen Erscheinungen der uns zugekehrten Oberflächenseite sehr vollständig, vollständiger fast als die der Erdoberfläche, nur natürlich bei weitem nicht so genau.

Der Mond und die Meteoriten, deren Substanz sich zur näheren Untersuchung darbietet, verdienen deshalb wohl einige Beachtung von Seiten der Geologen.

Die Beziehungen des Mondes zur Erde geben sich am deutlichsten in den Erscheinungen von Ebbe und Fluth zu erkennen, die nur zum kleineren Theil auf Rechnung der Sonne zu bringen sind. Diese Wirkung der gegenseitigen Anziehung ist so alt wie beide Himmelskörper, und wenn es wahrscheinlich ist, dass die gesammte Erdmasse sich einst im wärmeflüssigen Zustande befand, so hat nothwendig der Mond in Verbindung mit der Sonne schon damals eine periodische Aenderung der Gestalt des flüssigen Rotationssphäroides bewirkt, welche nicht ganz ohne Einfluss auf die Form der nach und nach erstarrenden Oberfläche bleiben konnte. Ist das Erdinnere noch jetzt flüssig, so bedingt dieselbe Anziehung mindestens die Tendenz der Bewegung im Sinne von Ebbe und Fluth, und fast scheint es, dass dieser Umstand mit der Ursache der Erdbeben in einiger Beziehung steht. Bereits G. Balivi und J. Toaldo haben das im vorigen Jahrhundert angedeutet, aber erst Al. Perrey hat durch Vergleichung von mehr als 5000 Erdbeben-

tagen nachgewiesen, dass diese merkwürdigen Erschütterungen der Erdkruste ungleich häufiger und heftiger während der Syzygien eintreten, wo Mond und Sonne in derselben geraden Linie stehen, als während der Quadraturen; dass sie häufiger sind während der Mondnähe als während der Mondferne, und dass sogar die Culmination des Mondes in einiger Beziehung dazu zu stehen scheint (Compt. rend. 1861 t. 52, p. 146).

Durch die Friction der Fluthwellen wird sogar eine Verzögerung der Erdumdrehung nothwendig bedingt, sie beträgt jedoch nach den Berechnungen von James Croll in 100 Jahren nur etwa 4 Zeitsecunden, und könnte überdies durch Verkürzung des Erddurchmessers als Resultat seculärer Abkühlung, in gewissem Grade ausgeglichen werden.

Was den Mond selbst betrifft, so glaube ich eine Stelle aus meinen geologischen Fragen hier grösstentheils wiederholen zu müssen, da sich in dem Stande seiner Kenntniss seitdem nichts Wesentliches verändert hat.

Es war ganz natürlich, dass man auf der Mondoberfläche zunächst ähnliche Erscheinungen suchte, wie sie die Erdoberfläche darbietet, und dass man das auf dem Mond Beobachtete mit dem auf der Erde Bekannten verglich. Bei dieser Vergleichung haben sich aber sehr bald einige auffallende Unterschiede herausgestellt. Der Mond besitzt weder Wasser noch Luft; die Elemente derselben können vorhanden sein, aber nicht in dem auf der Erde gewöhnlichen Zustande. Es fehlen daher nothwendig auch alle die Erscheinungen und Vorgänge, welche auf der Erde durch Wasser und Luft bedingt werden. Genau so wie die der Erde kann die chemische Zusammensetzung des Mondkörpers überhaupt nicht sein; das ergieht sich aus dem viel geringeren specifischen Gewicht der Gesammtmasse, nur etwa $^5/_9$ von dem der Erde, also im Ganzen nur etwa der Dichtigkeit der Gesteine an der äusseren festen Erdkruste entsprechend, während die Gesammtmasse der festen Erde durchschnittlich ungefähr so schwer ist wie Eisen. Diese Differenz macht indessen nur einen Unterschied in den quantitativen Verhältnissen der Zusammensetzung nöthig, und könnte

sich recht wohl mit qualitativ ganz gleichen Bestandtheilen vertragen, wenn die schwereren Elemente in geringerem Verhältniss vorhanden wären als bei uns. Das ist aber auch Alles, was sich bis jetzt darüber sagen lässt; es ist eine Möglichkeit, die in Wirklichkeit ganz unerfüllt sein kann.

Genauer als die Masse kennt man die Formen der Mondoberfläche, ja diese sind auf der uns zugekehrten Mondseite, in gewisser Beziehung wie gesagt, besser bekannt als die der Erde. Die Polarländer, die Gebirge im Inneren Afrika's und Neuholland's sind z. B. noch bei Weitem nicht so vollständig erforscht und aufgezeichnet als alle Theile der uns zugekehrten Mondoberfläche.

Bei Betrachtung des Mondes stellen sich zunächst sehr auffallende Lichtunterschiede heraus; diese hat man von jeher, auch ohne Vergrösserung, bemerkt, und früher zuweilen wohl für die Unterschiede von Wasser und Land gehalten. Die Untersuchung mit Hülfe optischer Instrumente hat indessen bald gezeigt, dass sie das nicht sind. Auch sind dieselben unabhängig von der geometrischen Form der Oberfläche, und müssen vielmehr von der physischen Natur derselben abhängig sein. Aeltere Astronomen haben die dunkleren Stellen „Meere (Mare, Ocean, Sinus)“ genannt, ohne sie deshalb mit Bestimmtheit für solche zu erklären. Bei genauerer Betrachtung zeigen sich dieselben fast ebenso uneben als die helleren; die ungleiche Leuchtkraft beider hängt daher nicht von ihrer sichtbaren Form ab, sondern von ihrer Fähigkeit das Licht zu reflectiren; wie auch auf unserer Erde, unabhängig von dem Grade der Unebenheit im Grossen, Unterschiede der Lichtreflexion vorhanden sind, je nachdem die Oberfläche mit Vegetation bedeckt ist, oder aus den Trümmern und Zersetzungsproducten dieses oder jenes Gesteines besteht; weisse Kreidefelsen leuchten z. B. viel mehr als dunkle Schieferfelsen. Im Allgemeinen bleibt immerhin noch der Unterschied bemerkenswerth, dass die eigentlichen Gebirgsgegenden der Mondoberfläche sich vor den weniger gebirgigen durch grössere Helle auszeichnen. Lampert hat diese ungleiche Helligkeit der Mondoberfläche die ungleiche

Weisse derselben genannt, und zwischen zwei Extremen, einem glänzenden Weiss und einem dunkelen Grau, beobachtet man alle möglichen Zwischenstufen.

Die Unebenheiten der Oberfläche sind sehr gross; man unterscheidet Berge und Gebirge, thalartige Vertiefungen und fast ebene Gegenden. Der hellste, glänzendste Theil der Mondoberfläche ist das „Aristarch“ benannte Gebirge. Im Allgemeinen zeigen sich, wie gesagt, allerdings die Gebirge etwas heller als die Ebenen, im Einzelnen giebt es aber davon eine Menge Ausnahmen; manche Berge sind sogar dunkler als ihre ebenen Umgebungen, und wenn zwei Berge von gleicher Form und Grösse neben einander — in der Nähe der Lichtgrenze gesehen, zu einer Zeit wo ihre Schatten lang sind — gar nicht nach ihrer Helligkeit von einander unterschieden werden können, so ist es etwas ganz Gewöhnliches, dass sie zur Zeit des Vollmondes, wo sie keine Schatten werfen, so ungleich hell erscheinen, dass der eine einen glänzenden Fleck bildet, während der andere ganz seiner Umgebung gleicht.

Wenn wir uns nun von diesen allgemeinen Helligkeitsunterschieden der Mondoberfläche, welche offenbar auf ungleiche Massen- oder Aggregatszustände schliessen lassen, zu den besonderen Formen wenden welche man auf ihr unterscheiden kann, so zeigen sich hier, verglichen mit unserer Erde, wieder manche Analogien, aber auch grosse Abweichungen. Die Oberfläche des Mondes ist, wie bemerkt, sehr uneben; wir erkennen Erhöhungen und Vertiefungen, Berge und Gebirge, auch Etwas wie Thäler; da aber kein Meer vorhanden ist, so fehlt es ganz an einem mittleren Niveau, auf welches sich diese Erhöhungen und Vertiefungen reduciren liessen. Die Höhe der Berge lässt sich aus der Länge ihres Schattens, aus der Dauer ihrer Beleuchtung noch innerhalb der schon beschatteten Mondseite, oder in einzelnen Fällen auch aus ihrem Hervorragen am Rande der Scheibe berechnen; aber diese Berechnung bezieht sich stets nur auf die benachbarten ebenen Theile der Oberfläche, die doch selbst nie ganz eben und unter sich in gleichem Niveau sind. Wenn man daher gefunden hat, dass einige Mondgebirge

sich beinahe so hoch als der Himalaja erheben, so ergiebt sich daraus, dass einzelne Gebirgsmassen etwa eine deutsche Meile ziemlich schroff über ihre nächsten Umgebungen aufragen; es ist zu vermuthen, dass diese Gebirgsmassen einen noch imposanteren Eindruck machen müssen als die Kette des Himalaja, deren Fuss schon ziemlich hoch liegt und die nur allmälig zu den höchsten Gipfeln aufsteigt, während die meisten Bergabhänge des Mondes sehr steil, überhaupt fast alle seine Formen schroffer und schärfer ausgeprägt sind als die der Erde. Bedenkt man dazu, dass der Durchmesser des Mondes nicht viel über $^1/_4$ so gross ist als der der Erde, so folgt daraus, dass das Verhältniss der Mondgebirge im Vergleich zu der Gesammtmasse des ganzen Weltkörpers ein weit bedeutenderes ist als das der höchsten Gebirge auf unserer Erde. Aber wir dürfen bei diesem Vergleich auf der anderen Seite auch nicht vergessen, dass auf dem Monde keine Vertiefungen mit Wasser ausgefüllt sind. Denken wir uns von der Erde alles Meer hinweg, so werden die Höhenunterschiede zum Theil mindestens doppelt so gross als jetzt erscheinen, und nahe am Meere gelegene Berge oder Gebirge, wie etwa der Pic von Teneriffa, würden dadurch unstreitig sehr an imponirender Höhe gewinnen. Dennoch würde die Erdoberfläche auch dadurch schwerlich eine so unebene werden, wie die Mondoberfläche es factisch ist. So ähnlich auch manche Unebenheiten der Mondoberfläche solchen unserer Erde erscheinen, so zeigen sich doch auch hierbei grosse Verschiedenheiten. Zunächst fehlen dem Monde alle eigentlichen Flussthäler (Thalrinnen); er besitzt nur Erhöhungen (Berge) und Vertiefungen, welche letztere aber gewöhnlich kesselförmig, kreisförmig, oder fast geradlinig wie Spalten gestaltet sind. Was man auf dem Monde Thäler genannt hat, lässt sich unseren Flussthälern mit ihren vielfachen Windungen und Verzweigungen nicht vergleichen. Wenn wir bedenken, dass kein Wasser vorhanden ist, so muss dieser Unterschied uns sehr erklärlich und natürlich erscheinen.

Unter den Gebirgen giebt es auf dem Monde zwar auch viele langgestreckte, den Gebirgsketten der Erde vergleichbar,

Digitized by Google

aber durchaus die vorherrschende Form ist die Ringform, und zwar in allen Grössenverhältnissen und in ziemlicher Mannigfaltigkeit. Man beobachtet regelmässige Gebirgsringe von mehr als 30 Meilen Durchmesser, und von dieser Grösse abwärts bis zu der geringsten, die durch die besten Instrumente überhaupt noch wahrnehmbar ist. Die ausgedehntesten dieser ringförmigen Bergketten oder Gebirgswälle hat man Ringgebirge (die ganz grossen auch Wallebenen) genannt, die kleineren Krater, wegen der grossen Aehnlichkeit mit der Form vieler Vulkane der Erde, die kleinsten auch wohl Gruben. Es erreichen jedoch die kleinsten auf dem Monde beobachtbaren Krater an Grösse des Durchmessers schon die grössten Krater unserer Erde, während für die ausgedehntesten sich auf unserer Erde der Grösse nach nichts Analoges findet. Auch die Form ist nicht genau entsprechend der unserer irdischen Vulkane. Die kreisrunde Vertiefung ist nämlich bei den Ringgebirgen und Kratern des Mondes fast immer dem Theil einer Hohlkugel vergleichbar, und senkt sich im Mittel allemal tiefer ein als die äussere, ebenere Umgebung des kegelförmigen Ringwalles. Es lässt sich das durch die untenstehenden idealen Querschnitte Fig. 5 und 6 versinnlichen.



Fig. 5. Mondgebirge.



Fig. 6. Erdvulkane.

Bei den grösseren Ringgebirgen ist der innere Boden verhältnissmässig ziemlich eben, oder von einzelnen kleinen Kratern, Kegeln oder Bergketten bedeckt, und erhebt sich erst an den Rändern halbkugelförmig, gegen den oberen Rand hin gewöhnlich sehr steil; aber auch bei ihnen liegt der flache oder gebirgige Boden meist etwas tiefer als die Gegend ausserhalb des Ringgebirges, welches übrigens nicht immer völlig geschlossen und zusammenhängend ist, sondern zuweilen aus

Digitized by Google

einzelnen Theilen oder aus einem complicirten System von Bergketten und Kratern besteht, auch wohl sich nach Innen oder nach Aussen etwas verzweigt. Mehrere der Ringgebirge enthalten in ihrer Mitte als Centrum einen Kegelberg (auch wohl ein kleines Gebirge), der sehr hoch sein kann, aber nach Beer und Mädler doch niemals die Höhe des Ringgebirges erreicht. Dieser Centralberg ist zuweilen selbst ein Krater, auch enthält sehr häufig die Umwallung viele einzelne Krater, wie denn diese Ringform auf dem Monde sich unter allen noch erkennbaren Grössenverhältnissen überall und in unzählbarer Häufigkeit wiederholt. Kunowsky sagt, dass die Verzeichnung aller unter günstigen Umständen sichtbaren Krater eben so schwierig sein würde als die Verzeichnung aller Sterne der Milchstrasse. Beer und Mädler haben Gegenden des Mondes beobachtet, welche für gewöhnlich eben erscheinen, unter sehr günstigen Umständen aber sich von unzählbaren Kratern bedeckt zeigen, die alle ihre Schatten werfen, und wohl dadurch eine gewisse Dunkelheit der Oberfläche hervorbringen mögen.

Der Ausdruck Krater ist für diese Oberflächengestaltung des Mondes allerdings wegen der Aehnlichkeit mit den Kratern der Vulkane auf der Erde gewählt worden, ohne jedoch dadurch ausdrücken zu wollen, dass sie genau so entstanden und überhaupt ganz Dasselbe sein müssten. Etwas das man den Lavaströmen unserer Vulkane vergleichen könnte, hat man noch gar nicht beobachtet, denn die hellen Streifen welche von manchen grossen Kratern oder Ringgebirgen radial auslaufen, und welche dem ersten Anblick nach dafür gehalten werden könnten, sind sicher nichts der Art, da sie Hunderte von Meilen lang über Berge und Gebirge hinweg fortziehen. Ich werde mich aber jetzt lieber auf die einfache Darstellung der Erscheinungen beschränken, und nachher erst einige geologische oder vielmehr selenologische Betrachtungen daran knüpfen.

Es bleiben hier noch zwei merkwürdige Configurationen der Mondoberfläche zu erwähnen übrig, die sich kaum mit irgend einer irdischen Erscheinung vergleichen lassen. Zunächst die eben schon erwähnten hellen, einige Meilen breiten Streifen,

Digitized by Google

welche sich, von gewissen Punkten ausgehend, wie Strahlen ausbreiten. Sie sind während des Vollmondes am Deutlichsten, weil bei dieser Beleuchtung viele der speciellen Unebenheiten wegen ihrer Schattenlosigkeit unsichtbar sind, und deshalb die Beobachtung der Streifen nicht stören. Diese Streifen gehen gewöhnlich von grösseren Ringgebirgen aus, indem sie in kleiner Entfernung von dem äusseren Gebirgsrand beginnen, und dann wie ein Heiligenschein denselben umstrahlen. Das Ringgebirge Tycho ist z. B. von mehr als hundert solchen radialen Streifen oder Strahlen umgeben, und dieselben reichen oft 30, 50, ja bis 400 Meilen weit durch alle benachbarten Oberflächenformen hindurch; sie durchschneiden Alles was in ihrer Richtung liegt — Ringe, Krater, Berge und Ebenen — und gewinnen zuweilen innerhalb der durchschnittenen Ringgebirge wieder besonders an Helligkeit; so der grosse 400 Meilen lange Streif, welcher vom Tycho nordwestlich ausläuft, bei seinem Durchgang durch den Menelaus.

Die zweite ebenso sonderbare Erscheinung sind die sogenannten Rillen, lange und schmale, gewöhnlich vollkommen gerade, aber auch zuweilen gekrümmte Vertiefungen. Man sieht dergleichen von 2 bis zu 30 Meilen Länge. Sie laufen zuweilen durch kleine Krater hindurch, oder dicht an ihnen vorbei, oder sie sind durch einen Kraterberg scharf beendet. Ueber Berge gehen sie in der Regel nicht hinweg. Dass es wirklich beträchtliche graben- oder spaltenförmige Vertiefungen sind, ergiebt sich aus dem Schatten den ihre Ränder in das Innere werfen, doch lassen sie sich mit den Thälern der Erde durchaus nicht näher vergleichen.

Die Gebirge der Erde sind entstanden durch Erhebung oder Aufschüttung, d. h. durch vulkanische Thätigkeit, nachher aber äusserlich vielfach umgestaltet durch die zersetzenden und mechanisch zerstörenden Einwirkungen der Atmosphäre und des Wassers. Unter ihnen herrschen die langgestreckten Gebirgsketten vor; die Form der Ringgebirge ist auf der Erde eine im grossen Maassstabe ganz fehlende; nur im Kleinen finden wir sie an den Vulkanen und sogenannten Erhebungs-

kratern. Auch haben wir bereits gesehen, dass die Form unserer Vulkane nicht genau übereinstimmt mit der der Mondkrater, obwohl eine grosse Verwandtschaft zwischen beiden unverkennbar ist. Den vulkanähnlichen Mondbergen scheinen die hohen Aschen- und Schlackenkegel, sowie die Lavaströme unserer Erdvulkane gänzlich zu fehlen; ihre grossen kesselförmigen Krater sind meist tiefer eingesenkt als der äussere Fuss des Ringwalles liegt; zuweilen fehlt sogar ein Ringwall oder Kraterkegel gänzlich, es ist nur ein Loch vorhanden, ähnlich wie bei den Maaren der Eifel; mehrere Krater sitzen oft in einander; die grössten sind ungleich viel grösser als die bedeutendsten der Erde. Wodurch sind nun diese Unterschiede möglicher Weise bedingt? — Nehmen wir an, dass auch der Mondkörper, wie es für die Erde höchst wahrscheinlich ist, einst heissflüssig war und erst durch Abkühlung fest wurde, so ist zu erwarten, dass auch bei ihm die äussere Oberfläche zuerst erstarrte und eine solide Kruste um den noch flüssigen Kern bildete. In diesem Zustande werden auch auf dem Monde Reactionen des flüssigen Inneren gegen die feste Kruste und Oberfläche eingetreten sein, welche unserer vulkanischen Thätigkeit ungefähr entsprachen. Diesen Reactionen können wir ganz im Allgemeinen die Bildung der Unebenheiten auf der Mondoberfläche zuschreiben. Von den Ringgebirgen und Kratern des Mondes sagt Bessel: „Sie sind immer sehr regelmässig rund, von einem an seiner Aussenfläche steil aufsteigenden Walle umgeben, im Inneren aber kugelförmig vertieft; sie sind den Spuren vergleichbar, welche Luftblasen hinterlassen, die in einer durch Wärme flüssig gemachten zähen Substanz, z. B. Pech, vor dem Erkalten aufsteigen, bei ihrem Zersplatzen aber, wegen unzureichender Flüssigkeit der Substanz, die Erhöhungen ihres Randes und die Vertiefungen ihres Inneren übrig lassen.“ Daraus scheint hervorzugehen, dass die Substanz der Mondoberfläche bei Entstehung dieser Formen nicht völlig starr, sondern in gewissem Grade zähflüssig gewesen, zugleich aber, dass diese Substanz damals von Gasarten durchbrochen worden ist, während doch gegenwärtig keine Spur von einer Gasum-

hüllung am Monde bemerkbar wird. Dürften wir beide Vermuthnngen als richtig voraussetzen, so würde sich dadurch das Vorherrschen und die besondere Form dieser Ringgebirge und Krater allerdings erklären, es würde dann aber zugleich daraus folgen, dass die an der Mondoberfläche vorherrschende Substanz ihrer Natur nach ziemlich abweichend sein müsse von den Mineralaggregaten welche die Felsgesteine der Erde bilden. Sehr gut stimmt es mit einer solchen Deutung überein, dass die grösseren Ringgebirge und Maare sich stets älter zeigen als die kleineren Krater, denn eine noch dünnere und weichere Kruste erlaubte grösseren Gasmassen gleichzeitig den Durchbruch, als die schon etwas dickere und mehr erstarrte.

Bessel sagt hierüber: „Die, der oben gemachten Bemerkung zufolge, früher entstandenen Ringgebirge erscheinen wie Ueberreste gigantischer Blasen, deren Ränder, bei noch vorhandener grösserer Flüssigkeit der Masse, z. Th. wieder verflossen und dadurch die unregelmässige Form zusammengesetzter Gebirge annahmen; die späteren kleineren Krater erscheinen wie das Product kleinerer Blasen, welche eine schon festere Masse durchdrangen und durch Zusammenfliessen wenig oder gar nicht geändert wurden.“ Es ist begreiflich, dass unter diesen Umständen nur selten langgestreckte Gebirgsketten erhoben wurden.

Was aber ist aus den Gasarten geworden welche die Durchbrüche veranlassten, da sie jetzt wenigstens keine Atmosphäre bilden? Wir können nur annehmen, dass sie bei der gänzlichen Abkühlung dieses verhältnissmässig kleinen Himmelskörpers ebenfalls fest geworden sind, und sich in diesem Zustande auf der Oberfläche niedergeschlagen haben. Das ist möglich, da die Bildung neuer Krater auf dem Monde ganz aufgehört zu haben scheint, eine solche wenigstens noch nicht mit voller Sicherheit beobachtet wurde. Ueberhaupt sind bis jetzt erst wenige Spuren von Veränderungen der Mondoberfläche erkannt worden.

Robert Hart glaubt am 27. December 1854 zwei gelbliche Lichtflecke auf der Mondoberfläche gesehen zu haben,

von denen er meint, sie könnten der Thätigkeit von Vulkanen zugeschrieben werden, und nachdem Schmidt auf das Verschwinden des Kraters Linne aufmerksam gemacht hatte, beobachtete Secchi am 10. Februar 1867 eine merkwürdige Veränderung an demselben, welche er am besten dadurch erklären zu können glaubt, dass die Vertiefung dieses Kraters, etwa durch eine Eruption, mit einer hell erscheinenden Substanz ausgefüllt worden sei. (Compt. rend. 1867 t. 64, p. 345.)

Wenn aber die Formen dieser früheren, und also zum Theil wohl sehr alten Gasdurchbrüche meist so ausserordentlich gut und scharf erhalten sind, so ist das offenbar dem, wenn auch vielleicht nicht ursprünglich, doch jedenfalls schon seit langer Zeit stattfindenden gänzlichen Mangel an Luft und Wasser zuzuschreiben, welche beide auf der Erdoberfläche stets alle Aussenformen annagen und wesentlich verändern. Alle diese Umstände treffen recht gut zusammen mit der versuchten Erklärung, die jedoch in keinem Falle für mehr als eine erlaubte Hypothese gelten darf.

Wir können hiernach den Mond für einen, durch sehr weit vorgeschrittene Erkaltung — was seine inneren vulkanischen Reactionen betrifft — fast unthätig gewordenen, und zugleich jeder flüssigen Hülle durch Erstarrung beraubten Weltkörper halten. Die Veränderungsprozesse seiner Oberfläche scheinen seit lange auf ein Minimum reducirt zu sein; Schwere, Sonnenwärme und Licht wirken allerdings noch darauf ein; es gleicht, wenn es sich so verhalten sollte, der ganze Mondball einem durch Erkaltung beinahe abgestorbenen Himmelskörper.

Was aber bedeuten jene hellen Streifen welche von vielen der grösseren Ringgebirge ausstrahlen, so vom Tycho, Copernicus, Aristarch, Kepler, Mayer, Timocharis etc., welche als helle Bänder alle anderen Oberflächenformen durchsetzen, und folglich von einer besonderen, das Licht stark reflectirenden Bodenbeschaffenheit herrühren müssen? Ist es erlaubt bei ihrer Beurtheilung auch entfernten Analogien des Erdbaues zu folgen, so können wir sie den Ausgehenden von mächtigen und weit fortsetzenden Gangspalten vergleichen, die mit einem be-

sonders hellen Gestein erfüllt sind, welches aber freilich über die Oberfläche gar nicht hervorragt. Ein Quarzgang oder -Lager, der „Pfahl", durchsetzt den bayrisch-böhmischen Wald auf zwanzig Meilen Länge, und ragt in beträchtlicher Mächtigkeit über Berg und Thal gewöhnlich als eine weisse Felsmauer hervor. Solche Phänomene der Erdoberfläche könnten durch gute Fernrohre vom Monde aus ebenfalls gesehen werden; weit häufiger und deutlicher aber, wenn sie nicht meist auf der Erde von Verwitterungsproducten, neueren Ablagerungen, oder von Vegetation überdeckt wären. Das Alles haben wir auf der Mondoberfläche wenigstens nicht in der Art wie auf der Erde vorauszusetzen. Die Studien des inneren Felsbaues dürften für etwaige Mondbewohner sehr erleichtert sein, aber der allgemeine Ueberblick der Oberflächengestaltung, wenn auch nicht ihre specielle Untersuchung und Deutung, ist beinahe noch leichter von der Erde aus.

Sehr gut verträgt sich das radiale Umstrahlen der Ringgebirge, oder auch ihre Durchsetzung, mit vorstehender Hypothese. Die Wirkungsstellen der Reaction des flüssigen Inneren auf die feste Kruste mögen, wie bei der Erde, oft durch sehr grosse Zeiträume dieselben geblieben sein, weil in ihnen einmal eine Art Ausweg gebahnt war. Lange nach der Bildung eines Ringgebirges mögen innere Kräfte auf seinen Boden gewirkt, und wenn er bereits fest war, seine Umgebung zerspalten haben, die Spalten mit empordringenden Massen erfüllend, die nicht wieder von durch Wasser abgelagerten Gesteinsschichten bedeckt wurden, wie das auf der Erde so häufig geschehen ist. Wir dürfen bei Vergleichung der Mond- und Erdoberfläche nie diesen wichtigen Unterschied vergessen. Der innere und äussere Bau der Erdoberfläche würde offenbar und in vieler Beziehung dem der Mondoberfläche weit ähnlicher sein als er es ist, wenn keine Ablagerungen sedimentärer Schichten durch Wasser stattgefunden hätten. Die Kraterformen würden dann viel häufiger vorkommen. Granit- und Porphyrgänge würden — wenn auch nicht ganz auf dieselbe Weise vertheilt und nicht so ausgedehnt — auf der Erde sichtbar sein, wie die hellen

Streifen auf dem Monde. Aber wenn auch mancher Umstand zu Gunsten einer solchen Hypothese spricht, so darf ich doch nicht unerwähnt lassen, dass die geringe oder gar nicht bemerkbare Einwirkung der hellen Streifen auf die Form der Oberfläche hiermit nicht übereinstimmt. Da auf der Mondoberfläche wegen Wasser- und Luftmangel keine tiefgehenden Zerstörungen, von Aussen nach Innen wirkend, vorausgesetzt werden können, so müssten die gegenwärtigen Oberflächen, „Ausgehenden", dieser Gänge, wenn sie wirklich dergleichen wären, auch so ziemlich die ursprünglichen sein; es ist aber durchaus unnatürlich, dass lavaartig durch eine Spalte emporgepresste Gesteinsmassen nicht vielfach übergeflossen sein, oder mächtige Hügelreihen über der Spalte gebildet haben sollten.

Aehnliches wie von den Streifen, gilt von den sogenannten Rillen; am Einfachsten lassen sie sich mit nicht völlig ausgefüllten Spalten vergleichen. Sie sind ihrer ganzen Natur nach die neuesten Bildungeu der Mondoberfläche, und gerade dieser Umstand könnte es erklären, dass die empordrängende Innenmasse nicht mehr flüssig genug gewesen sei, um die aufgerissenen Spalten bis zur Oberfläche zu erfüllen. Auffallend ist es freilich, dass sie zwar Krater, aber keine Bergkegel durchsetzen; möglich indessen, dass an steilen Bergen solche Spalten am leichtesten mechanisch von oben wieder zurollten, denn die nivellirende Wirkung der Schwere fehlt auch dem Monde nicht.

So betrachtet wird die Mondoberfläche belehrend für den Geologen; er vermag aus jenen, wie es scheint längst erloschenen, aber rein vulkanischen Bildungen, auf die wichtigste unter den Bildungs- und Umgestaltungsursachen der Erde zurückzuschliessen. Er kann die formalen Folgen dieser Ursache — wenn sie für sich allein wirkt — dort besser studiren als auf der Erde.

Eine allgemeine Eigenschaft theilt übrigens die feste Oberfläche des Mondes durchaus mit der Erde; die besonderen Formen welche Folgen innerer Reactionen zu sein scheinen, die Gebirge, Kesselthäler (Ringwälle und Krater), die Rillen und die hellen Streifen sind durchaus nicht nach bestimmt er-

kennbaren Gesetzen — etwa nach Zonen, oder der Lage der Pole entsprechend — vertheilt oder gerichtet, vielmehr erblickt man alle diese Formen überall, ohne dass sich ein bestimmter Zusammenhang derselben mit der Gestalt und Stellung des Mondes, oder mit den Wirkungen der Sonne oder der Erde auf denselben, erkennen liesse. Bestände ein davon abhängiges Gesetz der Vertheilung und Richtung der Gebirgsketten, so würde es sich sehr wahrscheinlich weit deutlicher auf der Oberfläche des Mondes erkennen lassen, als auf der Erde.

Nun glaubt zwar kürzlich Montani in einem Briefe an Elie de Beaumont (Compt. rend. 1865, t. 60, p. 482) auf der Mondoberfläche bestimmte Winkel erkannt zu haben, unter denen sich die Gebirgsrichtungen schneiden, und welche für hexagonale Figuren charakteristisch sein sollen. Diese Schlüsse aus den Winkeln, die einige ziemlich willkürlich bestimmbare Gebirgsrichtungen mit einander bilden, erscheinen aber beinahe noch gewaltsamer und grundloser als das krystallographische Gebirgsnetz Elie de Beaumont's für die Erde. Dass der Mond keine gesetzmässige Anordnung seiner Gebirge deutlich erkennen lässt, halte ich für sehr wichtig in Beziehung auf die Erde, in so fern dieser Umstand entschieden gegen die von Manchen gehegte und gepflegte Hoffnung spricht, ein bestimmtes Gesetz in der Richtung und Vertheilung der Gebirgsketten unserer Erde aufzufinden.

Zu den Meteoriten übergehend, darf man nach den Resultaten aller neueren Beobachtungen als sicher ansehen, dass sie nicht irdischen Ursprungs sind, und somit die einzigen materiellen Proben von Stoffverbindungen unseres Sonnensystems oder des Weltraumes ausserhalb der Erde darstellen, die wir genau untersuchen können.

Gewiss ist es unter diesen Umständen sehr merkwürdig, dass in Meteoriten, trotz vielfacher genauer Untersuchung, bis jetzt noch nicht ein einziges Element aufgefunden worden ist, welches nicht als Bestandtheil der Erde bereits bekannt ge-

wesen wäre. Von den irdischen Elementen ist in Meteorsteinen ungefähr die Hälfte nachgewiesen, und unter diesen fast alle, die durch die Rolle welche sie im Erdkörper spielen, besonders wichtig erscheinen, — wie Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Silicium, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen und Schwefel, ausserdem noch Nickel, Zinn, Blei, Kupfer, Chrom, Phosphor u. s. w. Sehr auffallend ist das ganz charakteristische Auftreten von Nickel in allen Meteoriten, sowie der Mangel von Stickstoff, Chlor, Gold und Silber. Da aber das Fehlen von Grundstoffen in den bis jetzt untersuchten Meteoriten noch nicht sicher über ihr wirkliches Nichtvorhandensein in denselben überhaupt entscheidet, so bleibt als wesentlichstes Resultat nur: dass die irdischen Elemente weit über das Bereich des Erdkörpers hinaus durch unser Sonnensystem oder durch den Weltraum verbreitet sind, und dass man folglich den Erdkörper, auch vom chemischen Standpunkte aus, ganz füglich als eine locale Aggregation im allgemeinen Stoffgemenge zu betrachten hat.

Auch die Verbindungsart der Elemente in den Meteoriten ist im Allgemeinen völlig übereinstimmend mit der auf der Erde beobachteten; dieselben chemischen Gesetze sind auch in ihnen thätig gewesen, und scheinen somit weit über die Grenzen der Erde hinaus zu gelten. Wir finden in den Meteoriten z. Th. ganz dieselben Mineralien wieder, die auf der Erde bekannt sind, so namentlich Olivin, Chromeisenerz, Magnetkies, Anorthit, Augit und Graphit. Ausserdem aber allerdings auch einige, die als irdische noch nicht bekannt sind, wie Nickeleisen, Tänit, Phosphornickeleisen und Schreiberit, welches jedoch sämmtlich Verbindungen sind, die nicht gerade sehr auffallend von auf der Erde bekannten abweichen. Uebrigens ist es Daubrée gelungen die wichtigsten Verbindungen und Erscheinungen der Meteormassen durch Schmelzung ihrer Elemente unter besonderen Umständen künstlich herzustellen.

Die Analogie geht aber noch weiter; diese Mineralien sind z. Th. auch eben so mit einander verbunden wie in Gesteinen der Erde. Eine Varietät des Dolerites, die man Eukrit

genannt hat, aus einem Gemenge von Angit und Anorthit mit etwas Magnetkies bestehend, ist ganz genau so in den Meteorsteinen von Stannern, Jnvenas, Jonzac und Petersburg in Tennessee wieder gefunden worden, nur noch mit einem kleinen Gehalt von Nickeleisen. Auch die Meteorsteine von Lontolax, Bialystok, Mässing, Nobleborough und Mallygaum, welche man Howardit genannt hat, aus Olivin und einem dem Anorthit ähnlichen Mineral mit etwas Chromeisen und Nickeleisen gemengt, stimmen nahe mit manchen basaltischen Gesteinen überein, sowie der Chassignit genannte von Chassigny bei Langres mit dem Dunit oder Olivinfels, welchen v. Hochstetter in Neuseeland auffand. Am räthselhaftesten erscheinen die kohligen Meteoriten von Bokkeveld nnd Alais, da man auf der Erde solche Substanzen fast nur als aus der Umwandlnng von organischen Körpern hervorgegangen kennt. Ueberhaupt sind die Elemente der irdischen Organismen, mit Ausnahme des Stickstoffes, in den Meteoriten vertreten, selbst der Phosphor fehlt nicht. Das giebt uns eine schwache Andeutung über die Möglichkeit organischer Wesen, ähnlich den unseren, auch auf anderen Himmelskörpern unseres Sonnensystems.

Recht wichtig erscheint der Umstand, dass alle Meteoriten weit weniger Kieselsäure enthalten, als durchschnittlich die Bestandtheile der festen Erdkruste. Die Mineralien aus denen sie bestehen, sind fast nur solche, wie sie in unseren basischen Erstarrungsgesteinen auftreten; der Quarz fehlt ganz. Das könnte zu der Vermuthung führen, dass auch die Erdmasse in ihrer Totalität basischer nnd besonders eisenreicher sei als an ihrer Oberfläche, was mit der Zunahme ihres specifischen Gewichtes gegen das Centrum wenigstens nicht in Widerspruch stehen würde. Daubrée geht in seiner wichtigen Arbeit über Meteoriten noch weiter, und spricht die Vermuthung aus, dass der innere, noch flüssige Theil der Erde etwa wie Olivinfels (Dunit oder Lhezolith) zusammengesetzt sein möge, was allerdings durch die Mehrzahl der Laven noch keine Bestätigung findet.

Wir können unmöglich voraussetzen, dass das Niederfallen

von Meteoriten nur in der recenten Zeit stattgefunden, ja es ist nicht einmal irgend ein Grund zu der Annahme vorhanden, dass die Häufigkeit dieses Vorganges zu- oder abgenommen habe. Dürfte man aus der Zahl der beobachteten Meteoritenfälle innerhalb bestimmter Zeiträume und in Ländern deren Flächenraum bekannt ist, auf die Zahl derselben für die gesammte Erdoberfläche schliessen, so würde sich daraus ergeben, dass jährlich gegen 700 solcher Körper zur Erde gelangen; das macht in einigen Jahrtausenden schon ziemlich viel aus. Dennoch ist es noch nicht gelungen, einen solchen kosmischen Körper mit voller Sicherheit in den Schichten einer tertiären oder älteren Ablagerung aufzufinden. Soll man daraus schliessen, dass früher keine gefallen sind? Es würde das jedenfalls voreilig sein, denn zunächst wäre es immerhin ein grosser Zufall, wenn in der mächtigen Schichtenreihe gerade eine solche Stelle aufgeschlossen und von Kennern beachtet würde, wo ein Meteorstein eingeschlossen ist; dann aber müssen wir bedenken, dass jeder Meteorit der sehr lange den Einwirkungen der Luft oder des Wassers ausgesetzt war, — auch in eine Schicht eingeschlossen — sich nothwendig so stark verändern würde, dass es schwierig sein dürfte, ihn sogleich als solchen zu erkennen. Namentlich das so charakteristische Nickeleisen würde schwerlich noch im metallischen Zustande erhalten, sondern grösstentheils oder ganz oxydirt sein, und wahrscheinlich hat sich noch Niemand die Mühe gegeben, alle ungewöhnlichen Anhäufungen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat auf ihren etwaigen Nickelgehalt zu untersuchen. Die Steinmeteoriten, welche überdies die seltneren sind, können in zersetztem Zustande gar leicht für Reste eines irdischen Gesteines gehalten werden. Beinahe mit gleicher Wahrscheinlichkeit könnte man daher erwarten, in den Sandsteinen älterer Ablagerungen einmal eine durch ihre Verglasung wohlerhaltene Blitzröhre aufzufinden, als einen Meteorstein. Demnach darf man wohl behaupten, dass der Gegenstand einige Beachtung verdient; es würde eine Sisyphusarbeit sein, wenn man absichtlich danach suchen wollte, aber jeder Geolog welcher

Untersuchungen in sedimentären Ablagerungen ausführt, sollte die Möglichkeit eines solchen Fundes vor Augen behalten.

Der Geolog als solcher hat es zunächst nur mit den zur Erde herabgefallenen Meteoriten zu thun, deren Zusammensetzung sich mit der der Erde vergleichen lässt. Der Kosmolog geht weiter, und sucht den Ursprung dieser erratischen Blöcke des Weltraumes zu erklären. Es unterliegt nun aber schon längst keinem Zweifel mehr, dass ihr Ursprung kein anderer ist als der der Sternschnuppen, d. h. dass die Meteoriten als entweder besonders grosse oder besonders stoffreiche Sternschnuppen anzusehen sind, deren Masse auf die Erde gelangt, während die Mehrzahl dieser flüchtigen Lichterscheinungen entweder in der Atmosphäre durch vollständige Verbrennung sich auflösen, oder nur so geringe staubförmige Niederfälle veranlassen, dass sich deren Substanz bis jetzt noch vollständig der Beobachtung entzogen hat. Für die periodischen Sternschnuppenströme ist nun ganz kürzlich durch Schiaparelli, Oppolzer und Peters der innige Zusammenhang mit bestimmten Kometenbahnen nachgewiesen, ihre Berechnungen sind durch Leverrier bestätigt worden, und es kann kaum noch ein Zweifel darüber bestehen, dass diese periodischen Schwärme durch in elliptischen Bahnen bewegte, bis zur Unsichtbarkeit aufgelöste Kometenschweife veranlasst werden, welche die Erde auf ihrer Bahn zu bestimmten Zeiten durchschneidet. Die Kometensubstanz welche die Sternschnuppenerscheinungen am 10. August veranlassen füllt bereits den ganzen Bahnring aus, das Phänomen wiederholt sich deshalb regelmässig alle Jahre. Der unsichtbare Kometenschweif welcher das Phänomen am 13. November veranlasst, scheint dagegen erst einen Theil seiner Bahn auszufüllen, und das Phänomen wiederholt sich deshalb nur alle 33 Jahre, dann aber 3 Jahre hinter einander. Die vereinzelten Sternschnuppenfälle welche sich in jeder Nacht zeigen, sind dagegen wahrscheinlich, durch in Folge von Störungen zerstreute Substanz dieser oder anderer Kometen-Bahnen zu erklären.

Die Kometen selbst leitet Schiaparelli von kosmischen

Stoffwolken (planetarischen Neheln) ah, welche in ihren eigenen Bahnen der Welthahn des Sonnensystemes so nahe kommen, dass durch Anziehung der Sonne Theile von ihnen ahgetrennt und zu Kometen mit Kernen und mit zum Theil sichtharen Schweifen abgetrennt wurden. Kamen diese Kometen einem Planeten so nahe, dass sie der Macht seiner Anziehung unterlagen ohne von ihm verschlungen zu werden, so wurde ihre Bahn dadurch in eine elliptische mit verhältnissmässig kurzer Umlaufzeit umgewandelt, deren Lage sich der Bahn des störenden Planeten fügen musste, und wenn sich dann der Schweif verlängerte, während der Kern kleiner wurde oder sich ganz in Schweif auflöste, so entstanden jene merkwürdigen Stoffringe, deren materielle Theile aber im höchsten Grade klein und zerstreut sind.

Dieser Gegenstand hat in neuester Zeit so sehr die Aufmerksamkeit der Astronomen, sowie Aller die sich für Naturwissenschaften interessiren, auf sich gelenkt, dass ich hier nicht weiter darauf einzugehen hrauche. Jedenfalls wird aher durch das Alles nur erst ein kleiner Theil des Wesens der Meteoriten, d. h. ihr Dasein überhaupt, nicht aher ihre Beschaffenheit erklärt. Dauhrée glaubt aus seinen 1866 in den Compt. rend. veröffentlichten Untersuchungen üher die Meteoriten schliessen zu müssen, dass sie als hereits feste kalte Massen in die Erdatmosphäre eindringen, in dieser erst durch den Widerstand den sie finden, sich erhitzen, leuchten und an der Oberfläche schmelzen. Ja er hält sie geradezu für Theile zerstörter fester Himmelskörper. Auch die von v. Haidinger sehr sorgfältig zusammengestellten Beohachtungen über den am 9. Juni 1866 hei Knyahinya in Ungarn erfolgten Meteoritenfall stimmen mit dieser Ansicht am besten überein. Eine solche Deutung lässt sich aher vorläufig noch gar nicht mit dem Ursprung aus Kometensuhstanz vereinigen, die jedenfalls um ein Vielfaches dünner, specifisch leichter sein muss, als irgend eine uns bekannte Gasart.

Auch hier sind demnach noch einige Räthsel zn lösen. Wenn wir aber zusammenfassen, was wir von der Sonne, vom

Mond und von den Meteoriten wissen, so geht daraus hervor, dass es nicht mehr blos die Eigenschaften der Gravitation und des Lichtes sind, die in unserer Anschauung alle Weltkörper unter einander verbinden. Wir kennen im Sonnensystem bereits auch andere gemeinsame stoffliche Eigenschaften, und es liegt nahe, diese selbst über dessen Grenzen hinaus zu vermuthen.

Die Meteoriten regen noch eine andere theoretische Betrachtung an. Diejenigen welche wir kennen, bilden allerdings alle zusammen im Vergleich zur ganzen Erde eine so verschwindend kleine Masse, dass ihr Zutritt keinen, an sich oder durch seine Folgen bemerkbaren Einfluss auf die Grösse, das Gewicht oder die Bewegung der Erde haben könnte. Dürften wir aber den Niederfall solcher kosmischer Körper auf die Erde als etwas durchaus Constantes betrachten, so müssten wir ihm im Verlaufe sehr grosser Zeiträume auch einen Einfluss auf die Erdgestaltung einräumen. Wir hätten dann einen kosmischen Fortbildungsprozess der Erde vor uns. Es ist nicht nöthig, hier eine Rechnung mit willkürlichen Unterlagen einzufügen, — mag der jährliche Zuwachs nur einen Centner, oder tausend Centner betragen, so müsste die Summirung während des unermesslichen Zeitraumes, seitdem die Erde als solche besteht, doch schon einen Massenzuwachs ergeben haben, der auf die Bewegungsverhältnisse von wirklichem Einfluss wäre.

X.

KÄLTEPERIODEN UND GLETSCHER-WIRKUNGEN.

Die Untersuchung der Gletscher hat in neuerer Zeit nicht nur sehr interessante und geologisch wichtige Thatsachen enthüllt, sondern sie hat auch zu mancherlei weitgreifenden Hypothesen Veranlassung gegeben, ja man kann wohl sagen, sie ist zu einer Art Modeartikel in der Geologie geworden, und hat nebenbei sehr überschwängliche Phantasien zu Tage gefördert.

So viel steht fest, dass in einer gewissen, ziemlich neuen Periode der Erdentwickelungsgeschichte die Gletscher Europa's eine weit grössere Ausdehnung besassen als jetzt, und dass in dieser Zeit auch einige Gebirgsgegenden, die jetzt keine Gletscher enthalten, in beträchtlicher Ausdehnung von solchen bedeckt waren, wie z. B. die Vogesen und das schottische Hochland. In derselben Periode sind aber auch erratische Blöcke aus Skandinavien auf schwimmenden Eisbergen über einen grossen Theil der europäischen Niederung verbreitet worden, und ebenfalls in derselben Periode scheinen auch in einem grossen Theile von Nordamerika ähnliche Vorgänge stattgefunden zu haben.

Diese Thatsachen sind um so merkwürdiger, da sie zunächst mit der allgemeinen Abkühlungstheorie der Erde in Widerspruch zu stehen scheinen; denn während man nach

Digitized by Google

dieser in jeder früheren Periode eine etwas höhere Gesammttemperatur voraussetzen muss, geht aus den erwähnten Thatsachen im Gegentheil hervor, dass wenigstens in der nördlichen Hemisphäre die Mitteltemperatur der Erdoberfläche einst niedriger gewesen ist als jetzt. Erratische Blöcke welche theils durch Gletscher, theils durch Treibeis transportirt wurden, und eigenthümliche Abschleifungen der Felsoberflächen, die nur von Eis herrühren können, finden sich in Gegenden, in welchen bei den jetzigen klimatischen Zuständen solche Eiswirkungen ganz unmöglich sein würden; nicht nur in den birgen und Niederungen Europa's, sondern auch in denen Nordamerika's und selbst in einigen Ländern der südlichen Hemisphäre.

In Europa und in Nordamerika scheinen diese ausgedehnten Eiswirkungen sogar in derselben geologischen Periode stattgefunden zu haben. Für die südliche Hemisphäre dasselbe zu behaupten, ist dagegen kein hinreichender Grund vorhanden. Die erratischen Blöcke im südlichen Amerika können eben so gut einer früheren oder einer späteren Zeit angehören als die in der nördlichen Hemisphäre; es liegt weder ein Beweis für die Gleichzeitigkeit ihres Transportes, noch für das spätere oder frühere Eintreten desselben vor, nur hat ihr Transport in beiden Hemisphären jedenfalls erst nach der miocänen Zeit stattgefunden. Noch ältere Einwirkungen sind auf der Erde überhaupt nicht mit Sicherheit bekannt; allerdings werden von einzelnen Beobachtern weit ältere Eisspuren behauptet. Gastaldi glaubt solche in den miocänen Ablagerungen bei Turin aufgefunden zu haben, Godwin-Austen in der Kreide und im *New red sandstone* Englands, sowie in der Steinkohlenformation Frankreichs, Escher v. d. Linth in den Kreidebildungen der Alpen, Ramsay in den permischen (dyasischen) Ablagerungen Englands und im Rothliegenden Norddeutschlands, Sorby im *Old red sandstone* von Schottland und Nordengland, und J. Carrick Moor sogar in den Conglomeraten der Silurformation von Wigtonshire. Es ist unzulässig, solche Behauptungen ohne genaue Untersuchung zu bestreiten, aber es ist andererseits bequem, Geschiebe oder Blöcke — deren naher

Ursprung vielleicht nur zufällig unbekannt ist, — durch Gletscher zu erklären, wenn man es auch nicht erweisen kann. Für das Rothliegende Norddeutschlands, welches ich aus eigener Untersuchung genau kenne, ist es durchaus unnöthig, mit Ramsay einen anderen Transport als den durch Wasser anzunehmen, und Frictionserscheinungen sind an Geschieben auch durch andere Vorgänge als durch Eiswirkungen erzeugt worden; deshalb scheint mir für alle hier aufgezählten Behauptungen mindestens erst eine fernere Bestätigung und schärfere Beweisführung nöthig, ehe man sie als sicher begründet anerkennt.

Für die nördliche Hemisphäre scheint demnach jedenfalls am Schlusse der Tertiärperiode ein Zeitraum sehr niedriger Mitteltemperatur eingetreten zu sein, der sich durch ausgedehnte Eiswirkungen verschiedener Art zu erkennen giebt, und den man deshalb nicht unpassend Eiszeit genannt hat. In dem Abschnitt über Geologie und Geschichte haben wir gesehen, dass diese Eiszeit wahrscheinlich sogar in zwei Abtheilungen zerfällt, und dass die ältesten Spuren von Menschen bis in sie zurückreichen.

Wie sind nun diese Erscheinungen zu erklären, und überdies noch mit einer allmäligen, gleichmässig fortschreitenden Abkühlung des Erdkörpers in Verbindung zu bringen?

Es sind mehrere Erklärungen versucht worden die Berücksichtigung verdienen: Durch Verschiedenheiten der Temperatur des Weltraumes, durch Aenderungen der Sonnenwärme, durch früher grössere Höhe der Gebirge, durch Umwandlung afrikanischer Seebecken in trockene Wüsten, durch allgemeine Aenderungen in der Vertheilung von Wasser und Land, durch die früher höhere Temperatur und deshalb stärkere Verdunstung des Meeres, und endlich durch periodische Aenderungen in der Bahn- und Axenstellung der Erde. Wir müssen diese Erklärungsversuche einzeln besprechen.

1. Poisson meinte, die Temperatur des Weltraumes könne in verschiedenen Regionen eine sehr ungleiche sein. Wenn nun unser Sonnensystem auf seiner Bahn aus einer wärmeren in eine kältere Region, oder umgekehrt aus einer kälteren in

Digitized by Google

eine wärmere eintrete, so sei es ganz begreiflich, dass die Oberflächentemperatur der Planeten jedesmal dadurch modificirt werde. Es ist das ein Erklärungsversuch der sich weder durch andere Beobachtungen, noch durch allgemeine Naturgesetze unterstützen lässt, also eine Hypothese die keine andere Grundlage hat, als die Möglichkeit durch sie eine Erscheinung zu erklären.

2. Nach einer anderen Ansicht soll die von der Sonne ausstrahlende Wärme periodisch sehr ungleich sein, und dieser Umstand Schwankungen der Mitteltemperatur auf der Erdoberfläche bedingen. Allerdings übt die Zahl und Grösse der Sonnenflecken nach genauen Temperaturvergleichungen, wie Buijs Ballot gezeigt hat, einen kleinen, eben noch bemerkbaren Einfluss auf die Temperatur der Erdoberfläche aus; um aber eine Eisperiode dadurch zu erklären, muss man diesen Einfluss ausserordentlich viel grösser und constanter annehmen, als ihn die Erfahrung bisher gezeigt hat. In so fern ist diese Hypothese, wie die vorige, mindestens sehr mangelhaft. Wenn sich eine bessere findet, wird man beide aufgeben, obwohl sie geeignet wären, gleichzeitige Temperaturänderungen für die gesammte Erdoberfläche, und nicht blos in einer Hemisphäre, zu erklären.

3. Die grössere Ausdehnung der Gletscher hat man auch durch früher grössere Höhe der Gebirge zu erklären versucht (Kämtz). Abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit einer so bedeutenden und dazu gleichzeitigen Erniedrigung der Alpen, der Vogesen und der schottischen Gebirge am Schlusse der Eisperiode, würde dadurch die weite Verbreitung der erratischen Blöcke in den Niederungen Europa's und Amerika's gar nicht erklärt. Die Hypothese genügt also nicht.

4. Ganz neuerlich hat Escher v. d. Linth, und in seinem Namen Desor, in der Allgemeinen Zeitung, Beil. Nr. 9 u. 10, 1865, die Abschmelzung der einst grösseren Alpengletscher durch Umwandlung der Sahara aus einem Seebecken in eine Wüste zu erklären versucht. Die Umwandlung der Sahara ist durch darin aufgefundene Muschelreste lebender Species

nachgewiesen, und wirklich muss dadurch der Charakter gewisser europäischer Südwinde wesentlich verändert worden sein. Als die Sahara ein Meeresbecken war, kamen sie nach Escher v. d. Linth als sehr feuchte Luftströmungen an, die ihren Wassergehalt als Schnee und Regen auf den Alpen ablagerten; jetzt bilden sie den warmen, trockenen, schneefressenden Föhn. Die Erklärung ist an sich gut, reicht aber wesentlich nur für ein beschränktes Gebiet aus, welches sogar, wie Dove meint, etwas östlicher liegen würde als die Alpenkette. Das Saharabecken kann indessen grösser gewesen sein, und dann vielleicht zur Erklärung für die Alpen genügen, nicht aber für die Vogesen, für Schottland, Skandinavien und Nordamerika.

5. Um bedeutende klimatische Aenderungen grosser Erdgegenden der nördlichen oder der südlichen Hemisphäre hervorzubringen, genügt dagegen überhaupt jede durchgreifende Aenderung in der Vertheilung von Wasser und Land, wodurch nothwendig zugleich die Richtungen und Zustände der Meeres- und Luftströmungen wesentlich verändert werden.

Die niedrigere Mitteltemperatur und das feuchtere, aber gleichmässigere Klima der südlichen Hemisphäre ist wesentlich bedingt durch die gegenwärtige Vertheilung von Wasser und Land. Wo, wie in der südlichen Hemisphäre, die Wasseroberfläche ganz vorherrscht, da wird durch Verdunstung und durch Aufthauen der winterlichen Eisdecke viel mehr Wärme gebunden als da, wo die Wasseroberfläche geringer ist. Die gleichzeitige Bildung von viel Nebel und Wolken verhindert zugleich die Sonnenbestrahlung, und vorherrschende Seewinde mässigen die Extreme der Kälte wie der Wärme. Diese Umstände können auch nicht vollständig durch Freiwerden von Wärme bei der Bildung von Wasser und Eis aus Dampf und Wasser ausgeglichen werden, da viele Niederschläge in anderen Gegenden erfolgen als da wo die Verdunstung stattfand, und da jedenfalls die auf der Landoberfläche freiwerdende Wärme geringer ist.

Wenn auch auf die niedrigere Mitteltemperatur der südlichen Hemisphäre ihr etwas kürzerer Sommer während der

Sonnenhöhe, wie wir später sehen werden, einen kleinen Einfluss ausübt, so ist die Hauptursache doch in den ganz überwiegenden Meeresflächen zu finden. Factisch ist das Klima der Südspitze Amerika's der Art, dass an den Küsten von Süd-Chile unter gleichen Breitengraden, unter denen in der nördlichen Hemisphäre unsere Alpen liegen, einige Gletscher bis in das Meer herabreichen, während jetzt unsere Alpengletscher abwärts höchstens das Niveau von 3000 Fuss über dem Meere erreichen. Dieser Unterschied ist von so grosser Bedeutung, dass man füglich behaupten kann, die klimatischen Zustände von Süd-Chile würden unsere Alpengletscher in einer längeren Periode wieder bis zu der Grösse anschwellen lassen, welche sie in der sogenannten Eiszeit besassen. Um diesen Zustand herbeizuführen, wäre aber für die nördliche Hemisphäre nur eine ähnliche Vertheilung von Land und Wasser nöthig, wie sie jetzt in der südlichen besteht. Nun ergiebt sich aus der Verbreitung der erratischen Blöcke und anderer mariner Ablagerungen, dass wirklich die Landoberfläche der nördlichen Hemisphäre während der Diluvialperiode (der Eiszeit) eine weit beschränktere war als jetzt. Denken wir uns diese Niederungen Europa's und Nordamerika's — welche erratische Blöcke enthalten und welche folglich zur Zeit von deren Wanderung auf Eisbergen vom Meere bedeckt sein mussten, — denken wir uns diese wirklich von demselben bedeckt, so vermindert sich dadurch die Landoberfläche dergestalt, dass sie in der That mit der in der südlichen Hemisphäre jetzt bestehenden verglichen werden kann, zumal da zu derselben Zeit wahrscheinlich auch ein grosser Theil des flachen Sibiriens vom Wasser bedeckt gewesen ist. Hier stimmen also zwei Phänomene zu ihrer gegenseitigen Erklärung trefflich mit einander überein.

Nicht zu vergessen ist hierbei, dass bei so wesentlich anderer Oberflächengestaltung auch die Bedingungen des Golfstromes wegfallen, dessen ausserordentlichen klimatischen Einfluss erst ganz kürzlich A. Petermann in seinen Mittheilungen (1865 S. 155) besonders schlagend nachgewiesen hat.

Aller Wahrscheinlichkeit nach wird dafür während jener Periode in der südlichen Hemisphäre mehr Land aus dem Meere hervorgeragt haben als jetzt, was wiederum mit Darwin's Theorie der Koralleninseln trefflich übereinstimmt. Es bleibt aber noch die wichtige Frage zu beantworten: wodurch können die Niederungen der nördlichen Hemisphäre trockengelegt, und die Landflächen der südlichen unter Wasser gesetzt worden sein, um so den jetzigen Zustand der Vertheilung zu bewirken?

Die grosse Gleichmässigkeit des Niveau's, bis zu welchem die erratischen Blöcke der europäischen Niederung über den gegenwärtigen Meeresspiegel heraufragen, spricht gegen eine Hebung so grosser Flächenräume in so gleicher und regelmässiger Weise. Auch dafür findet sich aber eine andere geologische Thatsache als wenigstens mögliche Erklärung: das sind die Koralleninseln der Südsee. Darwin hat aus dem Bau dieser flachen Landringe, welche in grosser Zahl und Flächenausdehnung den Spiegel des stillen Oceans eben nur überragen, nachgewiesen, dass dort ungeheuere Gebiete früheren Insel-Landes, oder sehr flachen Meeresbodens, in einer ganz neuen geologischen Periode sehr langsam um 1000 bis 3000 Fuss tiefer gesunken sein müssen. Jede Vertiefung der festen Oberfläche wie des Meeresbodens wurde natürlich stets vom Meere ausgefüllt. Eine ausgedehnte Senkung in der Südsee musste daher nothwendig den langsamen Ablauf des Wassers in allen anderen Erdgegenden bedingen. Beide Zeiträume, der des Sinkens im stillen Ocean und der des Trockenlegens in der nördlichen Hemisphäre, scheinen zusammenzufallen; erweisen lässt sich dieses zeitliche Zusammentreffen freilich nicht, aber es ist sehr wahrscheinlich, und es spricht kein Umstand dagegen. So ist es denn also mindestens sehr gut möglich, dass das Ende der Eiszeit in der nördlichen Hemisphäre durch dieselbe grosse, aber langsame Senkung bedingt wurde, welche die Veranlassung zu den flachen Koralleninseln der Südsee war.

6. Ganz neuerlich hat Frankland im *Phil. magaz.* May 1864, die Ursache einst grösserer Gletscherverbreitung, und

Digitized by Google

überhaupt einer Eiszeit, in damals höherer Temperatur des Meeres gesucht. Das klingt zunächst noch sonderbarer, als es bei näherer Betrachtung wirklich ist.

Er meint, das Meer sei zuerst sehr heiss gewesen, wie überhaupt die Temperatur der Erdoberfläche; nach und nach, in grossen geologischen Perioden, seien beide mehr und mehr abgekühlt, das Land aber schneller als das Meer, und dadurch sei ein gewisses Stadium herbeigeführt worden, in welchem die Verdunstung des Wassers immer noch viel stärker gewesen sei als jetzt, während doch erhobene Landflächen ungefähr schon die jetzige Mitteltemperatur erreicht hätten, die wesentlich nur durch die Sonnenbestrahlung bedingt wird. Die sehr starke Verdunstung des Meeres habe aber besonders viel Nebel, Wolken, Schnee- und Regenniederschläge auf den kälteren hohen Landgegenden erzeugt. Die Nebel und Wolken hinderten die Sonnenwirkung auch im Sommer. Die Schneeanhäufungen bildeten daher mächtige Gletscher.

Dass das stets verdunstende Meer länger warm bleiben sollte als das Land, ist an sich unwahrscheinlich. Frankland's Versuche sind hierüber durchaus nicht entscheidend. Ueberdies steht aber diese Annahme auch in Widerspruch mit der grossen Verbreitung arctischer Conchylienspecies während der Eiszeit, die sich nicht, wie Frankland meint, durch das locale Einmünden von Gletschern in das Meer erklären lässt.

Ueberdies müssten wir aus einer so späten Abkühlung des Meeres für die älteren geologischen Perioden auf eine so ungemein hohe Temperatur desselben schliessen, dass vor der Tertiärperiode kaum Organismen darin hätten bestehen können.

7. Sehr beachtenswerth erscheint dagegen die Erklärung von Kälteperioden durch James Croll (*Philos. magaz.* August 1864); sie beruht auf den Beziehungen zwischen Sonne und Erde, welche einem periodischen Wechsel unterworfen sind. Es sind nach Croll zwei Ursachen, welche durch ihr Zusammentreffen allgemeine Klimaänderungen in grossen, künftig vielleicht berechenbaren, Perioden bedingen: 1) Das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen und 2) die Veränderungen der

Excentricität der Erdbahn. Sir John Herschel machte schon 1830 darauf aufmerksam.

Auf Sir Charles Lyell's Veranlassung hat der Astronom E. J. Stone in Greenwich sich wie folgt darüber ausgesprochen (*Philos. magaz.* 1865 Nr. 199 p. 539):

„Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne ergiebt sich zu 91,400,000 miles. Nach Leverrier's Abhandlung in „*Connaissance des Temps* 1843", beträgt die Excentricität der Erdbahn für das Jahr 1800 = 0,0168, im Maximum aber = 0,0778. Durch Berechnung finde ich nun die Excentricität vor 210,065 Jahren = 0,0575. Diese Unterlagen ergeben folgende Resultate:

Vor Jahren.	Grösster Abstand der Erde von der Sonne.	Kleinster Abstand der Erde von der Sonne.	Unterschied.
65	92,935,521	89,864,479	3,071,042
210,065	96,655,504	86,144,496	10,511,008
Maximum der Excentricität	98,506,355	84,293,645	14,212,710

Da diese Unterschiede sich beinahe wie 3 : 11 : 14 verhalten, so vermuthe ich, dass irgend welche klimatische Veränderungen vor etwa 210,065 Jahren stattgefunden haben müssen, entsprechend dem Maximum der Excentricität und nur wenig geringer. Da diese Periode sich daher als geologisch interessant herausstellen könnte, so schicke ich die Werthe der Excentricität und die Länge des Periheliums der Erdbahn zu dieser Periode voraus. Die Längen beziehen sich auf die mittlere Linie der Tag- und Nachtgleichen des Jahres 1800, und sind nur angeführt, um den Grad der Schnelligkeit in der Veränderung ihrer Stellung zu veranschaulichen.

Digitized by Google

Vor Jahren.	Werth der Excentricität.	Länge d. Periheliums der Sonne.
170,065	0,0437	228° 7'
180,065	0,0476	209° 22'
190,065	0,0532	190° 4'
200,065	0,0569	168° 18'
210,065	0,0575	144° 55'
220,065	0,0497	124° 33'
230,065	0,0477	102° 49'

Dieses Schema stellt das Maximum der Excentricität während der letzten 500,000 Jahre dar.

Was nun das Vorrücken der Aequinoctien betrifft, so würde es wohl zu keinem wesentlichen Irrthum führen, dasselbe zu der Zeit vor 210,065 Jahren als nicht sehr verschieden von dem jetzigen anzunehmen, obwohl es sicher unrichtig sein würde, während so grosser Zeiträume wirkliche Gleichmässigkeit der Bewegungen vorauszusetzen.

Man ersieht aus der obigen Tabelle, dass die Aenderungen der Excentricität im Vergleich zu den Aenderungen der Länge des Periheliums ausserordentlich langsam erfolgen; so dass, wenn Mr. Croll's Theorie richtig ist, während grosser Excentricität abwechselnde Klimaänderungen von extremer Kälte und grosser Gleichmässigkeit der Temperatur eingetreten sein müssen.

Der Hauptpunkt des Argumentes der Abhängigkeit der Klimaänderungen von der Excentricität verhält sich nach meiner Meinung wie folgt: Es ist wahr, dass die Summe der empfangenen Wärme sich nur sehr wenig mit der Excentricität ändert, aber die Mitteltemperaturen hängen eben so sehr von der ausgestrahlten als von der empfangenen Wärme ab. Der Werth der ausgestrahlten Wärme wird aber jedenfalls um so geringer sein, je kürzere Zeit sich die Temperatur unter dem Mittel erhält, und je weniger sie unter das Mittel sinkt. Daraus folgt, ceteris paribus, dass ein warmer und kurzer Winter die Mitteltemperatur erhöhen muss, während ein kalter und langer Winter

sie herabdrückt. Die daraus hervorgehenden Resultate sind aher höchst verwickelt."

Dergleichen Berechnungen können überhaupt nur annähernd sein, da die Constanten aus den Beobachtungen abgeleitet werden müssen, diese aber bis jetzt erst einen zu kleinen Zeitraum umfassen.

Die Wärmemenge welche der Erde überhaupt von der Sonne in einem Umlauf zukommt, wird allerdings durch die bezeichneten Vorgänge kaum wesentlich verändert; sie ist umgekehrt proportional der kleinen Bahnaxe, deren Länge nur sehr wenig zu- oder abnimmt.

Ganz anders verhält es sich aber in Beziehung auf die zeitliche Vertheilung der Wärme, und folglich auf die klimatischen Zustände der nördlichen und der südlichen Hemisphäre.

Durch das stete Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen fällt einmal der Winter der nördlichen Hemisphäre in die grösste Sonnennähe, wie es ungefähr jetzt der Fall ist, einmal der der südlichen, während dann die nördliche ihren Winter in der grössten Sonnenferne hat.

Schon dadurch werden die klimatischen Zustände beider Hemisphären wesentlich verändert. Diese Aenderungen erreichen aber ein Maximum, wenn gleichzeitig die grösste Excentricität der Bahn eintritt. Es folgen daraus mit Nothwendigkeit in grossen, und künftig wohl einmal berechenbaren Perioden, sehr auffallende Aenderungen des Klimas beider Hemisphären, insoweit dasselbe von der Sonne bedingt wird, welche Aenderungen sich zum Theil als Kälteperioden oder sogenannte Eiszeiten ergehen müssen. Da nun nach W. Thomson (*Phil. mag.* Januar 1863) die innere Erdwärme schon seit sehr lange keinen wesentlichen Einfluss auf die Temperatur der Erdoberfläche ausüben kann, so ist zu hoffen, dass man ausser der durch viele Umstände so deutlichen letzten Eiszeit, auch noch weiter zurück in der Erdentwickelungsgeschichte Spuren solcher Klimaänderungen auffinden wird, die dann als ein fester Maassstab für absolute Zeitbestimmungen dienen können.

Digitized by Google

Von selbst versteht es sich, dass dadurch die unter 4 und 5 besprochene Nothwendigkeit der Klimaänderungen durch andere Vertheilung von Wasser und Land nicht beseitigt wird; aber mehrere Ursachen können sich unter Umständen verstärken oder abschwächen, und es wäre z. B. wohl möglich, dass die durch v. Morlot in den Alpen beobachtete längere Unterbrechung der grossen Gletscherausdehnung durch den Conflict zweier Ursachen im entgegengesetzten Sinne bedingt sei.

Schliesslich will ich hier noch daran erinnern, dass auch Agassiz und Schimper periodisch eintretende Kälteperioden in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers annahmen, aber ohne alle Motivirung, und in einer Weise, die mit der Vertheilung der organischen Ueberreste in den sedimentären Formationen in Widerspruch steht.

Das sind also einige Erklärungen für höchst merkwürdige geologische Beobachtungen, aus denen hervorgeht, dass in einer ziemlich späten geologischen Periode die nördliche Hemisphäre ein weit kälteres Klima besass als jetzt; und aus der letzten dieser Erklärungen wird zugleich wahrscheinlich, dass sich ähnliche klimatische Perioden im Verlaufe der Erdentwickelungsgeschichte mehrfach wiederholt haben. Ob auch alle die früheren, wie die letzteren, mit starker Eisbildung verbunden waren, ist noch sehr fraglich, ja sogar unwahrscheinlich, da noch nirgends mit voller Sicherheit Spuren vortertiärer Eiswirkung aufgefunden worden sind. Was Ramsay und Andere hierüber berichteten, bedarf wie gesagt, mindestens noch sehr der Bestätigung.

Ist der gegenwärtige Temperaturzustand der Erde, wie es von den meisten Geologen vorausgesetzt wird, ein Resultat allmäliger Abkühlung, so folgt daraus von selbst, dass die Eisbildung und Eiswirkung nicht so weit zurückreichen kann als die Wasserwirkung, obwohl sich noch nicht mit Sicherheit und Genauigkeit der Anfang derselben bezeichnen lässt.

Mit dem Eise ist jedenfalls ein neues geologisches Agens aufgetreten, wie vorher mit dem Wasser. Die besonderen Wirkungen des Eises, welche beobachtbar in Felssprengung durch

Gefrieren des Wassers in Klüften, in Abschleifung und Furchung der Felsoberflächen, sowie im Transport von Schuttmassen, Steinen und gewaltigen Felsblöcken bestehen, sind jedoch weit über die Beobachtung hinaus überschätzt worden. In einer Art von Begeisterung für das neu aufgefundene geologische Agens, hat man ihm die Ausfurchung weiter Alpenthäler und tiefer Seen zugeschrieben.

Eine ganze Literatur ist in neuester Zeit darüber entstanden, doch halte ich es für überflüssig, alle diese Eintagsfliegen besonders zu erwähnen, oder gar zu besprechen. Die Thäler und Fiorde sollen danach von Gletschern ausgefeilt, die Seen auf eine eigenthümliche Weise vom unteren Gletscherende ausgeschaufelt, oder durch den Druck der Eismassen ausgepresst worden sein.

Was die Thäler betrifft, so ist zunächst daran zu erinnern, dass eigentliche Gletscher überhaupt gar nicht entstehen können, ohne dass vorher Thäler, wenigstens Anfänge derselben, vorhanden sind. Dass dann die Gletscher, einmal vorhanden, nicht unwesentlich zur Austiefung der Thäler beitrageh, ist unbestreitbar; schon die stets schlammgetrübten Gletscherbäche liefern den Beweis dafür. Abrundung und Glättung der rauhen Felsoberflächen ist aber in keinem der bis jetzt beobachteten Fälle bis zur gleichmässig ausgeschliffenen Thalrinne vorgeschritten; überall beobachtet man vielmehr zwischen den abgeschliffenen Stellen auch noch unangegriffene Bruchflächen, wie sie vor dem Gletscher vorhanden waren. Mir scheint, der Zustand der Thäler ist durch die Gletscher eher noch mehr erhalten als verändert worden, d. h. wenn das Eis den Boden und die Wände nicht geschützt hätte, so würden Verwitterung und Wasserwirkungen sie weit mehr angegriffen haben, als es der Gletscher, trotz steter Abschleifung, gethan. Im oberen Aarthale ist das ganz besonders erkennbar. Hier sieht man sehr scharf die obere Grenze der Eiswirkung, auf welcher auch die Reste der höchsten Seitenmoränen lagern. Darüber wird das Thal plötzlich etwas weiter, offenbar weil es dort auch während des hohen Gletscherstandes vom Wasser und von der

Luft zwar langsam, aber doch etwas schneller als unter dem Eise, erweitert wurde. — Und was nun die Seen betrifft, so scheint es mir denn doch gegen alle Mechanik und Erfahrung zu verstossen, dass ein langer Eisstrom durch localen Druck Seelöcher von mehreren Hundert Fuss Tiefe einpressen, oder dass sein unteres Ende, statt sich über den gegebenen Boden hinweg zu bewegen, diesen einige Hundert Fuss tief ausschaufeln sollte. Alphonse Favre hat rücksichtlich des Rhonethalgletschers, der einst den Genfer See bedeckte, nachgewiesen, dass seine Mittellinie durchaus nicht der Aushöhlung dieses Sees entspricht, sondern vielmehr denselben in der Richtung von Villeneuve nach Chasseron am Jura schräg überschritt, und dass unterhalb Genf die alten Gletscherproducte deutlich über den mächtigen Geröllanhäufungen liegen, die der Gletscher nirgends vor sich hergeschoben, sondern stets überschritten hat. Diese Gerölle mögen meist aus den Anfängen der Grossgletscherperiode stammen; es war früher Moränenschutt, der, herabgefallen, von den Gletscherbächen zu Geschieben abgerundet wurde, wie das noch jetzt an unzähligen Orten geschieht. Dazu entspricht auch die Lage der tiefsten Seestellen durchaus nicht den möglichen Wirkungen eines Gletschers, wohl aber dem inneren Schichtenbau und besonders nachweisbaren Bruchlinien, wie denn überhaupt die tiefen Alpenseen fast alle auf einer Hauptbruchlinie liegen, die dem Aussenrande der Hauptgebirgserhebung entspricht. Ramsay und Tyndall haben sich zwar viel Mühe gegeben, den Gletschern diese Wirkung zuzuschreiben, und wenn auch Ramsay Murchison's und z. Th. selbst Lyell's Einwände widerlegt haben mag, so ist das noch kein Beweis für seine eigenen Behauptungen. Denn jene beiden berühmten englischen Geologen vertheidigten eine einseitige Zerspaltungs- und Senkungstheorie.

Ramsay führt als einen Hauptgrund für seine Gletscherexcavationstheorie den Umstand an, dass gerade die Erdgegenden welche sich durch alte Gletscherspuren auszeichnen, auch vorzugsweise viele Landseen enthalten, so Schweden, Finnland,

Canada, ein Theil der Vereinigten Staaten, die Alpen, der nördliche Theil des Himalaja, Neuseeland u. s. w. Hiergegen ist zunächst zu bemerken, dass unter den genannten Gegenden einige sind, wie z. B. Finnland, Canada und der östliche Theil der Vereinigten Staaten, in denen die vermeintlichen Gletscherwirkungen offenbar nur solche von Treibeis sind, und dann, dass man auch in sehr vielen anderen Gegenden Tiefseen findet, in denen noch keine Spur von Gletscherwirkungen nachgewiesen wurde.

Die grossen Gletscher mögen alle im Wege liegenden, schon vorhandenen Seebecken passirt haben. Diese Möglichkeit weist Ramsay sehr gut nach; aber die Gletscher konnten nicht das Material aus den Seelöchern vor sich her schieben, während die normale fortbewegende Wirkung durch das Wasser der Gletscherbäche fehlte; denn dieses kann nicht den Schlamm aus solchen Vertiefungen aufwärts ausgeführt haben.

Die Eiswirkung auf Thalbildung ist eben eine combinirte von Reibung und Wasser; wo die des letzteren aufhört, da hört auch ein Theil der Wirkung auf. Uebrigens hat Desor die Entstehung der Alpenseen in seiner Abhandlung „*Lacs suisses* 1860" so eingehend besprochen, dass man auf dergleichen sonderbare Hypothesen um so weniger noch Rücksicht zu nehmen braucht.

Unter den von Desor ausführlich nachgewiesenen Ursachen der Seebeckenbildung vermisse ich nur die eine, welche in dem Zusammenbrechen vorher ausgewaschener unterirdischer Hohlräume besteht, die aber möglicher Weise in der Schweiz zu den seltensten gehört.

Ganz neuerlich ist der Ursprung der Gebirgs-Seen auch durch Gentilli sehr gründlich erörtert worden; seine äusserst sorgfältigen Tiefenmessungen tragen wesentlich zur Aufhellung des Gegenstandes bei, und was er über Beckenhildung durch Biegung, Verschiebung und Aufberstung der Schichten sagt, ist sicher höchst beachtenswerth, obwohl auch er den Gletschern noch eine übertriebene Wirkung zuschreibt (Ausland 1865).

Digitized by Google

Sehr beachtenswerth ist ferner auch was O. Peschel im Ausland 1866 Nr. 9 über die geographische Verbreitung der Fiorde mittheilt. Ihre Anwesenheit scheint hiernach wesentlich an drei Bedingungen geknüpft zu sein, nämlich: niedrige Mitteltemperatur (geographisch mindestens einige 40 Grad vom Aequator entfernt), reichliche Niederschläge, und ursprüngliche Steilküsten. Er schliesst dann weiter, dass sie in der Hauptsache durch Gletscher ausgefurcht seien. So geistreich diese Betrachtungen über das geographisch oder klimatisch beschränkte Vorkommen einer bestimmten Erdoberflächengestaltung sind, so erscheint mir doch aus den vorher entwickelten Gründen die letztere Schlussfolge unhaltbar. Vielmehr bin ich nach dem Allen der Meinung, dass Gletscher, auch in ihrem grössten Stadium, zu keiner Zeit neue Thäler oder Fiorde gebildet, oder gar tiefe Seebecken ausgehöhlt haben. Vorhandene Thäler konnten sie erweitern, austiefen oder sonst umgestalten, aber nicht Löcher unter das bestehende Niveau ihres Bodens ausgraben. Vorhandene Seebecken konnten sie gänzlich ausfüllen, und dadurch während ihres Bestehens gegen Einschwemmungen schützen; Fiorde konnten sie ebenfalls ausfüllen, aber nicht bilden. Ihre Moränen konnten flache Seebecken veranlassen, aber nur in der Weise wie künstliche Dämme, durch welche man einen Wasserlauf aufstaut.

Der Ursprung der tiefen oder flachen Gebirgsseen, wie der der Seebecken und der Erdoberflächenformen mag überhaupt ein sehr verschiedenartiger sein, durch Hebungen, Senkungen, Einstürzungen und locale Aufschüttungen bedingt, so dass man fast für jeden Fall besondere Ursachen, oder wenigstens locale Modificationen derselben zu erwarten hat. Wären die Erdoberflächenformen lediglich Resultate der Wasserwirkungen, so würden sie und ihre Erklärungen weit einfacher sein.

Bei Untersuchung und Beurtheilung der Wasserbetten und ihrer verschiedenartigen Unebenheiten, insbesondere aber der Flussthäler mit ihren Stromschnellen, Wasserfällen oder Seebecken, dürfen wir nie vergessen, dass alle diese Oberflächenformen des Festen nicht ursprünglich nach einem bestimmten

Digitized by Google

Muster, zu einem bestimmten Zweck (dem Wasserablauf) angelegt sind. Die Formen der festen Erdoberfläche bilden sich zunächst ohne alle Rücksicht auf irgend einen Zweck oder Nutzen, lediglich als das Resultat innerer mechanischer Kraftwirkungen, Hebungen, Senkungen, Spaltungen. Dann erst wirkt das Wasser auf sie ein, und arbeitet sich selbst sehr allmälig regelmässige Ablaufswege von den Höhen nach den Tiefen aus. Es findet keinen gleichmässig dem Meere zugeneigten Boden vor, es ist aber unausgesetzt thätig, einen solchen herzustellen. Wo der Fall ungewöhnlich stark ist, da ist auch seine mechanisch zerstörende Kraft ungewöhnlich gross; jede Stromschnelle, jeder Wasserfall wird darum unter übrigens gleichen Umständen stärker von den Fluthen angegriffen, als das wenig geneigte Bette. Ist irgend eine Stelle im Flusswege tiefer als die Fortsetzung, so entsteht ein Tümpel oder ein See, und wir kennen genug solcher Becken die mit dem Meere in gar keiner directen Wasserverbindung stehen, oder die sogar unter seinem Niveau liegen, wie z. B. der Caspi-See und das todte Meer. Gleicht die Verdunstung den Zulauf aus, hevor diese Bodensenkungen ganz vom Wasser erfüllt sind und dieses einen Ablauf über seinen Rand findet, so entsteht unter allen Umständen, in jedem Niveau, ein in sich abgeschlossenes System der Wassercirculation; ist aber die Verdunstung geringer als der Zulauf, so füllt sich jedes Becken bis zur tiefsten Stelle seines Randes, wo dann wieder ein Ablauf erfolgt.

In jedem See lagern die Bäche und Flüsse das in ihrem Oberlauf losgerissene Material ab, und so wird jeder See nach und nach ausgefüllt; jeder geht seiner endlichen Vernichtung als See entgegen, entweder durch Ausfüllung, oder durch tieferes Einschneiden des Ablaufes, oft durch beides zugleich.

Das Resultat kann schneller oder langsamer eintreten, in einigen Tausend, oder erst in einigen Millionen Jahren, aber wenn nicht neue Niveauänderungen durch andere Kräfte stattfinden, so erfolgt endlich unausbleiblich die Zerstörung jedes Sees durch das Wasser, welches ihn füllt, oder welches seinen Rand durchschneidet. Unzählige solcher trockengelegter See-

becken beobachtet man, und alle anderen gehen demselben Schicksal entgegen, während dafür an irgend einem anderen Orte neue entstehen mögen. Das Wasser bildet vorherrschend nicht Erhöhungen und überhaupt nicht Unebenheiten der Oberfläche, sondern es findet sie vor und gestaltet sie um. Nur ausnahmsweise versperrt es sich selbst durch abgeschwemmte Materialien seinen Ablauf, und kann auf diese Weise flache Seen erzeugen, deren Boden aber nie unter das Niveau seines früheren Bettes eingesenkt ist.

Digitized by Google

XI.

GEOLOGIE UND POESIE.

„In alten Zeiten muss die ganze Natur lebendiger und sinnvoller gewesen sein als heut zu Tage. Wirkungen, die jetzt kaum noch die Thiere zu bemerken scheinen, und die Menschen eigentlich allein noch empfinden und geniessen, bewegten damals leblose Körper." Novalis, einst Freibergs Schüler, in „Heinr. v. Ofterdingen", S. 32.

Bei allen Völkern ging die Poesie der Wissenschaft voraus, und in letzterer die Speculation der genauen Untersuchung; d. h. was man gewöhnlich Poesie und Philosophie nennt, ist älter als alle wirkliche Naturforschung.

Auch die Geologie trat zuerst im Gewande der Dichtung auf, in poetischer oft mystischer Form. Nur sehr allmälig streifte sie die phantastische Ausstattung ab, und huldigte der nüchternen Wahrheit. Dichtung und Wissenschaft gingen dann verschiedene Wege und wählten sich ungleiche Objecte. So ist die Poesie in gewissem Grade aus der realen Natur vertrieben, und in das geistige Leben verwiesen worden.

Die poetische Anschauung der Alten erklärte das Schaffen und Wirken der Natur durch geistige Wesen eigener Erfindung. Jeder Baum, jeder Fels, jeder Berg, jede Quelle war der Wohnsitz von Dryaden, Nymphen, Göttern und Dämonen. Der Hauch des Windes, die Wogen des Meeres, der Heerd der Vulkane, — sie alle hatten ihre besonderen Götter, und diese sinnige Be-

lebung des Weltalls, welche jede andere Erklärung der Erscheinungen ersparte, reicht noch weit in die Neuzeit herein, nur vielfach die Namen und die besonderen Vorstellungen wechselnd. Die Zauberer und Hexen, die Berg- und Luftgeister, die Feen und Kobolde traten an die Stelle der früheren Götter und Halbgötter.

Vor der nüchternen Forschung sind alle diese Wesen der Phantasie dahingeschwunden; an ihre Stelle sind berechenbare Kräfte, Wirkungen oder Eigenschaften getreten, die nicht in demselben kindlichen Sinne poetisch erscheinen, dafür aber dem denkenden Forscher immer noch eine Poesie der Natur in anderer Form darbieten.

Aber nicht nur die geistige Personification der Natur ist vor der unbefangenen Forschung geschwunden, auch im Uebrigen ist die Auffassung und Deutung der Erscheinungen und Vorgänge eine minder phantasiereiche, und in so fern weniger poetische geworden, je mehr sie sich der Wahrheit näherte.

Im Anfang dieses Jahrhunderts hatten die Geologen noch ihre besondere Vorwelt, in der sie die Phantasie frei walten liessen, beinahe ungebunden durch die Gesetze der Natur, am wenigsten durch die tägliche Erfahrung. Nichts hinderte sie, in dieser Vorwelt eine besondere Jugendkraft der Erde und gewaltige allgemeine Katastrophen anzunehmen, durch welche fast alles Vorhandene plötzlich zerstört, und dafür überall Neues geschaffen wurde; — das war der Ursprung der sogenannten Schöpfungsperioden, deren jede eine Welt für sich darstellte. — Sie bevölkerten die Erde nach Belieben mit einer riesenhaften Thierwelt unter der üppigsten tropischen Vegetation; sie liessen plötzlich unermessliche Fluthen hereinbrechen, welche ganze Felsmassen entführten und ganze Länder überschwemmten; über Nacht entstanden vor ihrem Seherauge grosse Vulkane, umgeben von sogenannten Erhebungskratern; hohe Gebirgsketten wurden fast mit einem Ruck emporgeschoben; durch vulkanische Kräfte liess man grosse Felsblöcke Hunderte von Meilen weit schleudern; im Erdinnern wüthete ein gewaltiges Centralfeuer, stets bereit, die starre Kruste zu sprengen; oder

man löste die ganze Erde in Wasser auf, und liess sie schichtenweise daraus niederschlagen. Jeder geologischen Periode erkannte man ihre besonderen Wirkungen, wie ihre besondere Thier- und Pflanzenwelt zu; in der einen wurden diese oder jene Gesteine, in der anderen diese oder jene Metalle gebildet; die eine zerstörte, die andere schuf Berge und Gebirge, Thäler und Seebecken.

Das war eine bequeme Zeit für die Geologen; man konnte im Lehnstuhl über die eingebildeten Vorgänge nachdenken, mit etwas Phantasie liess sich Alles gar leicht erklären. Wo ist sie hin diese schöne Zeit, in der es so leicht war, Geolog zu sein? — Jetzt muss man genau und mühsam beobachten, und bei jeder Erklärung die man wagt, ist man an die ewigen Gesetze der Natur gebunden. Der Phantasie sind die Flügel verschnitten, auch das Längstgeschehene soll dem Alltäglichen entsprechen.

Wie die Geschichte die grossen Umgestaltungen nicht mehr durch Cäsaren erklärt, sondern die Cäsaren aus den Umgestaltungen hervorgehen lässt, so erklärt die Geologie die Umgestaltungen der Erde nicht mehr durch gewaltige Katastrophen, sondern durch langsame Entwickelung, die nur zuweilen mit ganz localen Katastrophen verknüpft ist.

Wird auf diese Weise nicht alle Poesie aus der Natur vertrieben? Kann sich die Phantasie noch erfreuen an so nüchterner Anschauung und Forschung nach Wahrheit? — Wir fragen dagegen: ist alle Poesie nur auf Uebertreibung und Unwahrheit angewiesen? ist nicht jede Wahrheit auch einer poetischen Fassung fähig? und sind nicht die Dinge der Natur an sich schon poetisch? — Im Mährchen, in der Fabel mögen die Grenzen der Naturgesetze beliebig überschritten werden; das sind nur allegorische Dichtungen, die das Privilegium der Willkühr an der Stirn tragen. Jede andere Dichtung ist nur durch Wahrheit schön, und deshalb auch an die Fortschritte des Wissens gebunden.

Braucht man idyllische Palmenwälder der Kohlenperiode, Meere voll gefrässiger Unthiere, länderzerstörende Graniterup-

tionen oder stoffzuführende Kometen, um im Studium der Geologie neben dem praktischen Nutzen auch eine geistige und poetische Anregung zu finden? Ist nicht das Ineinandergreifen aller Vorgänge, der Rückblick in unermessliche Zeiträume an sich schon voll poetischer Wirkung? Sind da noch gewaltsame Uebertreibungen nöthig?

Wenn wir erkennen, dass mächtige Felsschichten, die sich über Hunderte von Quadratmeilen ausdehnen, durch das Leben und den Tod kaum sichtbarer Thiere erzeugt wurden; wenn wir erkennen, dass ein schwacher Wasserlauf nach hunderttausendjähriger Thätigkeit ein Thal in festes Gestein eingenagt, oder ein grosses Seebecken mit Sand und Schlamm ausgefüllt hat; wenn wir aus der Vertheilung der Ablagerungen auf einen vielfachen Wechsel von Land und Meer schliessen; wenn wir einen erratischen Felsblock Hunderte von Meilen von seinem nachweisbaren Ursprung entfernt finden; wenn wir die höchsten Gebirge als das endliche Resultat unzähliger kleiner Hebungen erkennen; wenn wir die Fragmente eines Gesteines als vom Wasser abgerundete Geschiebe, in auf einander folgenden Ablagerungen, weiter und weiter entfernt von ihrem Ursprung wiederfinden; wenn wir im Krystall, der tief im Innern eines festen Granitberges ruht, die Spuren eines langsamen Wechsels der Stoffe nachweisen können; wenn wir in der anorganischen wie in der organischen Welt einen steten Kreislauf der Stoffe durch die verschiedensten Phasen der Erscheinung erkennen können: liegt darin nicht eben so hohe Poesie als in der blossen Annahme gewaltiger Naturrevolutionen?

Und weiter!

Wenn wir die unzweifelhaften Eindrücke von Regentropfen beobachten, die vor unermesslicher Zeit auf eine Sandschicht niederfielen; wenn wir den Fährtenabdrücken eines Thieres zu folgen vermögen, welches während der Triasperiode, oder in der noch viel älteren Devonzeit, am Meeresufer seine Nahrung suchte; wenn wir die Schalen bunter Meeresmuscheln wohl erhalten, aber leichenhaft verblichen, gleich den einst bunten

Statuen der altgriechischen Meister, im Erdinnern vorfinden, an einer anderen Stelle dagegen aus einem fossilen Tintenfisch noch die Sepia entnehmen können, um sein eigenes Bild damit zu entwerfen; wenn wir aus den Koprolithen der Juraperiode auf die Nahrungsmittel und die Verdauungsweise längst untergegangener Fische oder Saurier schliessen; wenn wir in den Harztropfen des Bernsteinbaumes zahlreiche Insecten der Tertiärzeit in vollständig erhaltenem Zustande, an Spinngeweben sogar noch Thautropfen vorfinden; wenn wir die Spuren des Menschen, seine Knochen und seine Steingeräthe, weit über alle Geschichte hinaus verfolgen, bis in die Zeiten in denen Europa noch von Mammuths, Höhlenbären und Nilpferden bewohnt war; wenn wir aus der Form und Lagerung der organischen Reste einen steten Wechsel der Formen, und zugleich einen steten Fortschritt vom Niederen zum Höheren erkennen; wenn wir an die Stelle maassloser Energie die ungemessene Zeit setzen; wenn wir uns in Zeiträume zurück vertiefen, die alles übliche Maass übersteigen, — und wenn nun selbst in so weit zurückliegenden Zeiträumen die uns umgebenden Vorgänge, die von uns erkannten Naturgesetze ausreichen, um das damals und das seitdem Entstandene zu erklären — sind das nicht Alles auch poetische Momente im Studium der Natur?

Die Kohlen und das Erdöl, jetzt so mächtige Hebel der Industrie, sind ein Resultat der Sonnenwirkung, die vor Millionen von Jahren aufstrahlte. Licht und Wärme lagen seitdem in ihnen gleichsam schlummernd gebunden, bis der erfinderische Geist des Menschen sie wieder erweckte. Kraft wie Stoff sind nach unserer Anschauung unvergänglich, ewig, nur die Form wechselnd.

Und welche Contraste der Ruhe und Bewegung zeigt uns die Erde? von der Schwere geleitet, durcheilt sie rastlos den Weltraum; in ihrem Innern ruht der Krystall seit Jahrtausenden in unveränderter Lage; je näher der Oberfläche, um so mehr zeigt sich Bewegung, Stoff- und Formenwechsel.

Wo der Ball die Lufthülle berührt, theilweise vom Wasser umspült, da ist der Wechsel und die Mannigfaltigkeit der

Digitized by Google

Dinge und der Zustände am grössten. Hier herrscht ein steter lebhafter Kampf der Natur mit sich selbst. Jedes Wesen kämpft um seine Existenz, und ist darum bestrebt, andere zu vernichten. Der Fels vertheidigt sich gegen die Woge, die Wärme besiegt das Wasser, die Pflanze drängt sich in den Boden, das Thier lebt von seiner Umgebung, der Mensch schreitet vorwärts auf der Bahn der Entwickelung, indem er die übrige Natur durch ihre eigenen Gesetze besiegt und sich unterthan macht. Was diesem steten Kampfe nicht gewachsen ist, das geht unter, was ihn besteht, entwickelt sich weiter, und dieses Schicksal trifft eben so wohl ganze Geschlechter als einzelne Individuen.

Nach innen und nach aussen von jener Zone des vorherrschenden Lebens nimmt die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die Vielseitigkeit des Kampfes stetig ab. Wenn wir im weitesten Sinne alle Bewegung als eine Lebensäusserung bezeichnen dürfen, so unterscheidet sich davon freilich das organische Leben als ein ganz besonderes, dessen Gesetze erst sehr unvollständig bekannt sind, und in ihm wieder das geistige.

Braucht man zu dem Allen noch übernatürliche Vorstellungen und geologische Fabeln, um das Studium der Erde mit poetischen Reizen auszustatten? genügt dazu nicht die einfache Wahrheit, in so weit wir sie erfassen können?

Die trefflichen Bilder vorweltlicher Zustände, die zuerst Franz Unger entwarf, und die seitdem so vielfach nachgeahmt wurden, sind sie nicht wahre Blüthen echt wissenschaftlicher Poesie?

Anderer Art ist freilich die Poesie der neuen Naturforschung als jene der alten. Sie verhält sich zu ihr etwa wie die Dichtungen Schiller's und Goethe's zu den Gesängen Homer's und zum Nibelungenlied; selbst Shakespeare verwendete noch Hexen und Geister. Statt der Götter, Riesen und Recken kämpfen jetzt die wirklichen Menschen und ihre Leidenschaften. An die Stelle unbeschränkter Poesie ist die durch Wahrheit beschränkte getreten.

So beherrschen die Fortschritte der Wissenschaft auch die Producte der Poesie. Schiller könnte seinen Taucher in der Tiefe des Meeres jetzt keine Salamander mehr erblicken lassen, seit jeder Schulknabe weiss, dass es im Meere keine giebt.

Auch die Kunst ging der Wissenschaft voran, und wie ihre Schwester, die Poesie, wird auch sie beeinflusst durch den Fortschritt der Wissenschaft. Manche neue Form und manches neue Motiv ist durch die Naturwissenschaften, und insbesondere auch durch die Geologie, für die bildende Kunst gewonnen worden. Am wesentlichsten freilich war der Einfluss durch neue Hülfsmittel ihrer Technik, da sie sich von Anfang an nur die Darstellung der Wahrheit zur eigentlichen Aufgabe machen konnte.

Die Photographie und die Galvanoplastik werden zwar Maler und Bildhauer nimmer verdrängen oder überflüssig machen, aber sie beeinflussen und unterstützen unzweifelhaft deren Thätigkeit. Jene merkwürdigen Erfindungen können den schöpferischen Genius der Kunst nicht ersetzen, aber sie geben der ausübenden und erwerbenden Kunst in gar mancher Beziehung eine andere Richtung.

Ueberall, auf jedem Gebiet menschlicher Thätigkeit giebt sich dieser Einfluss der Naturforschung zu erkennen, und wenn wir bedenken, dass derselbe eigentlich erst in diesem Jahrhundert allseitig eingreifend geworden ist, so können wir noch unermessliche Resultate von den Einwirkungen der beherrschten Natur auf das Leben der Menschen erwarten.

Digitized by Google

XII.

GEOLOGIE UND PHILOSOPHIE.

„Der Mensch ist nicht geboren die Probleme der Welt zu lösen, wohl aber zu suchen wo das Problem angeht."
Goethe.

Die Philosophie ist als Deutung des Weltinhaltes der eigentlichen Naturforschung weit vorausgegangen; die rapiden Fortschritte der letzteren in unserem Jahrhundert mussten aber nothwendig einen sehr wesentlichen Einfluss auf die erstere ausüben.

Die Philosophie sucht eine gemeinsame Theorie aller Wissenschaften, sie wird daher stets die Fortschritte der einzelnen aufnehmen und verarbeiten müssen.

Der Versuch einiger deutschen Philosophen, eine besondere Naturphilosophie zu gründen, welche sich anmaasste, der Beobachtung vorzugreifen und alle Naturgesetze a priori aus Denkgesetzen abzuleiten, ist vollständig misslungen; eine Naturphilosophie in diesem Sinne kann gegenwärtig nur noch Gegenstand des Scherzes sein. In England versteht man dagegen unter *natural philosophy* alles Forschen nach Erkenntniss und Wahrheit in dem Gebiete der Natur; jeder Naturforscher wird dort Naturphilosoph genannt, worunter nun freilich viele sein mögen, denen man in Deutschland keineswegs ein solches Prädicat beilegen würde.

Wir müssen die Philosophie als Theorie der Wissenschaften durchaus von ihren Priestern, den Philosophen im deutschen Sinne, trennen. Die letzteren haben seit Kant's Tode der Naturforschung vielleicht mehr geschadet als genützt; nicht eine einzige Entdeckung ist durch sie angebahnt worden, und nicht einmal die allgemeine Naturauffassung haben sie wesentlich gefördert. Dieser Umstand hat unter den deutschen Naturforschern die Philosophie als solche in grossen Misscredit gebracht, nnd sicher haben viele Philosophen dazu Veranlassung gegeben. Die Philosophie im wahren Sinne kann aber auch der Naturforscher nicht entbehren; zunächst braucht er sie als Kritik der Erkenntnissquellen und Schlüsse, dann aber zur Verbindung seiner Resultate. Jeder Naturforscher treibt nothwendig Philosophie, sobald er sich über die blosse Beobachtung erhebt, und wie gross die Bedeutung der Philosophie im höheren Sinne für die Naturforschung sei, zeigt sich in den wenigen Fällen, in welchen echte Philosophen zugleich Naturforscher waren, oder wenigstens hinreichend vertraut mit den Fortschritten der Naturforschung, so bei Fechner und bei Albert Lange.

Eine Theilung der Arbeit ist dann auch auf diesem Gebiete gar nicht übel, wenn beiderlei Arbeiter sich gegenseitig verstehen; denn nothwendig werden die Philosophen von Profession durchschnittlich eine grössere Uebung in ihren geistigen Operationen erlangen können als die vorherrschend beobachtenden Naturforscher.

Der Naturforscher als solcher hat sich um den Zwiespalt zwischen Materialismus und Idealismus nicht zu kümmern; er hat es zunächst nur mit materiellen Dingen zu thun, deren erste Ursache und deren eigenstes Wesen er nicht zu erkennen vermag, wie denn auch der aufrichtige Philosoph darüber nur mehr oder weniger wahrscheinliche Betrachtungen aufstellt, ohne auf diesem idealen Gebiet von Beweisen zu reden. Der Naturforscher begnügt sich, die Stoffe und ihre Wirkungen zu untersuchen und Naturgesetze daraus abzuleiten. Der Philosoph mag als Metaphysiker entweder die Materie, oder die sogenannten Kräfte als wirklich ansehen, — die Kräfte als Eigen-

schaften der Materie, oder umgekehrt die Erscheinungsformen der Materie nur als Folgen von Kräften.

Diesen Standpunkt der Naturforschung hat bereits Kant festgestellt, indem er in seinem Prolegomenen sagt: „Naturwissenschaft wird uns niemals das Innere der Dinge, d. h. dasjenige, was nicht Erscheinung ist, aber doch zum obersten Erklärungsgrunde der Erscheinungen dienen kann, entdecken; aber sie braucht dieses auch nicht zu ihren physischen Erklärungen; ja wenn ihr auch dergleichen anderweitig angeboten würde (z. B. Einfluss immaterieller Wesen), so soll sie es doch ausschlagen und gar nicht in den Fortgang ihrer Erklärungen bringen, sondern diese jederzeit nur auf das gründen, was als Gegenstand der Sinne zur Erfahrung gehören, und mit unseren wirklichen Wahrnehmungen nach Erfahrungsgesetzen in Zusammenhang gebracht werden kann."

Damit ist die gegenseitige Stellung klar ausgedrückt, und der Metaphysiker mag dann die Resultate der Naturforschung deuten und auf Ursachen zurückführen, wie er will oder kann; zu ändern vermag er sie nicht. Ob das Wesen der Dinge, abgesehen von nachweisbaren Sinnestäuschungen, ein ganz anderes ist als ihre Erscheinungen, geht den Naturforscher zunächst nichts an, auch nicht ob sie überhaupt wirklich sind, oder uns nur erscheinen. Dass sie, mit anderen Augen gesehen, anders aussehen werden, versteht sich von selbst; wir haben es nur mit der Erscheinung für menschliche Sinne und deren künstliche Hülfsmittel zu thun; mit einem Worte, der Naturforscher beschränkt sich auf die Untersuchung der Dinge und Vorgänge, wie sie dem Menschen erscheinen; was dahinter, ausserhalb der materiellen Welt verborgen ist, überlässt er dem Metaphysiker.

Der philosophischen Methode bedarf aber jeder Naturforscher, und folglich auch jeder Geolog; nur der metaphysische Theil der Philosophie ist ihm vollständig entbehrlich, ja er hat ihn sogar bei seinen Forschungen ausdrücklich auszuschliessen; er darf diese dadurch nicht beeinflussen lassen. Da aber die Mehrzahl der Philosophen seit Kant einen für alle Naturfor-

schung gänzlich unfruchtbaren Weg einschlugen, so haben sich, wie gesagt, die Naturforscher von ihnen abgewendet, und auf ihre Weise eine allgemeine Verbindung der Erscheinungen durch sogenannte Naturgesetze gesucht. Dieses Ziel fand in Alex. v. Humboldt's Kosmos den ersten deutlichen Ausdruck, aber natürlich keinen Abschluss; dieser mag überhaupt nicht erreichbar sein, wie denn alle Ergebnisse, selbst der Naturforschung, nur auf relative Wahrheit — oder auf Wahrheit für ihre Zeit — Anspruch machen können, nicht auf absolute. Neue Entdeckungen können jedes Resultat ändern, und aus solchen Umgestaltungen besteht die Geschichte der Naturwissenschaften. Das Einfache wird als Zusammengesetztes erkannt, oder umgekehrt. Absolute Wahrheiten können wir überhaupt nur von der reinen Mathematik erwarten, in so weit sie es mit begrifflich festgestellten Grössen zu thun hat; sobald sie angewendet wird, um wirkliche Dinge zu messen und zu berechnen, werden auch ihre Resultate relative. Man hat gesagt, ihre Wahrheiten seien a prioristische, nicht aus der Erfahrung abgeleitete. John Stuart Mill bestreitet das, und jedenfalls stellen sie sich auch bei dem Menschen erst mit einer gewissen Reife des Verstandes ein, welcher unzählige Erfahrungen über Zahl und Grösse vorausgegangen sind.

Man kann auch unterscheiden zwischen Wahrheiten die jeder Einzelne auf Grund seiner Erfahrungen begreifen oder finden kann, und solchen welche nur auf Grund der Arbeit von Generationen als ererbte begriffen werden können. Die letzteren sind a prioristische für das Individuum, aber nicht für die Menschheit.

Die Naturforschung hat sich in einem Falle genöthigt gesehen, das Gebiet des sinnlich Wahrnehmbaren zu überschreiten, und getrennte Atome anzunehmen, aus denen alle Körper zusammengesetzt sind. Die Physiker und die Chemiker geben zu, dass diese Atome weder sichtbar noch greifbar, noch überhaupt durch die Sinne wahrnehmbar sind und sein können, aber sie bedürfen ihrer Annahme, um gewisse Erscheinungen zu erklären, und diese stimmen mit derselben in allen be-

Google

kannten Fällen vollkommen überein. Merkwürdiger Weise findet nichts aus dem Gebiete der Naturforschung bei den meisten Philosophen mehr Widerspruch als gerade diese Annahme, die gewissermaassen in das Gebiet der Metaphysik eingreift. Die Naturforscher würden ihre Atome gewiss aufgeben, wenn man ihnen einen Weg zeigte, die Erscheinungen auf eine andere, mehr realistische Weise befriedigend zu erklären. Die Atomenlehre ist bei ihnen nicht eine a prioristische Annahme, wie bei Leukipp, Demokrit oder Epikur, sondern eine Folgerung aus Beobachtungen, oder ein Hülfsmittel zu deren Erklärung. Sie können die aus Atomen zusammengesetzten Moleküle Preis geben; sie brauchen sich nicht um die ideale Theilbarkeit oder Untheilbarkeit der Atome zu kümmern, da hierfür jeder Nachweis unmöglich ist; sie würden vielleicht auch nicht zu verlangen brauchen, dass der Raum zwischen den Atomen absolut leer sei, wenn man eine Materie zwischen ihnen annehmen darf, welche sich gegen Licht, Wärme u. s. w. wie der leere Raum verhält. Die Mehrzahl der Philosophen verlangt aber eine vollständige Continuität der Substanz, welche die Physiker zunächst nicht zugeben können. Es scheint fast, dass einige Philosophen darum gerade diese Annahme der Naturforscher angreifen, weil sie die Ergebnisse der Forschung nicht bestreiten können. G. F. Fechner hat in seiner Atomenlehre dieses Verhältniss zu den Philosophen trefflich auseinandergesetzt, obwohl er selbst Philosoph ist. Er ist aber zugleich auch gründlicher Physiker, eine Vereinigung die ziemlich selten gefunden wird.

Frh. v. Liebig hat in einem Vortrag (Münchener Akad. d. Wissensch. 28. März 1865) sehr anschaulich gezeigt, dass bei aller Naturforschung die Induction der Deduction vorausgehen muss — d. h. wir müssen von der Untersuchung des Einzelnen zu der Auffassung des Allgemeinen übergehen, erst das Einzelne kennen, ehe wir es logisch zu einer Gesammtheit vereinigen, oder unter allgemeine Begriffe bringen können. So muss das Princip lauten. In Wirklichkeit und ganz streng genommen, ist das aber nicht durchführbar und auch nicht

nöthig. Wir beobachten von unserer Kindheit an, und combiniren diese Beobachtungen; dieses und der Unterricht den wir empfangen, erweckt in uns bereits allgemeine Begriffe oder auch Vorurtheile. Diese bringen wir zu jeder selbstständigen, wissenschaftlichen Beobachtung bereits mit, und es ist unvermeidlich, dass sie bei Untersuchung der einzelnen Thatsachen eine Rolle spielen; sie sind es sogar, welche vorzugsweise die Fragen für die Untersuchung anregen und die Wege dafür zeigen. Streng genommen ist also für uns weder der rein deductive, noch der rein inductive Weg der Forschung ausführbar; ohne alle Kenntniss der einzelnen Dinge ist keine Deduction möglich, und ohne irgendwelche allgemeine Begriffe wird der inductive Weg zum Umweg. Die Kenntniss der Menschen überhaupt kann sich allerdings nur vom Einzelnen zum Allgemeinen emporgearbeitet haben, da weder wir als Kinder, noch die ersten Menschen, allgemeine Begriffe mit in die Welt brachten. Es handelt sich hier aber nicht um ein Extrem jener Methoden oder ihrer Anwendung, sondern um das Vorherrschen in der Praxis, und da kann allerdings für den Naturforscher nur der inductive Weg der rechte sein, während der deductive weit mehr der Selbsttäuschung unterworfen ist, und im Extrem zum a prioristischen Denken über Reales führt, welches in den exacten Wissenschaften ganz unzulässig ist.

Hypothesen sind Versuche zur provisorischen Erklärung der Gesetzmässigkeit noch unerkannter Erscheinungen; sie sind auf Grund bereits erkannter Wahrheiten nach dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit zu formuliren, um dann durch die Forschung bestätigt oder widerlegt zu werden.

Jede Naturforschung gestattet nicht nur Hypothesen, sondern sie bedarf derselben. Sie wirken anregend, dringen wie Vorposten in noch nicht hinreichend erkannte Gebiete ein, und bereiten deren wissenschaftliche Ausbeutung vor. Nachtheilig wirken sie nur dann, wenn ihre hypothetische Natur verkannt wird, und unnütz sind sie, wenn weder ein Beweis für, noch gegen sie denkbar ist. In diesem Falle sind es überhaupt

eigentlich nicht wissenschaftliche Hypothesen, sondern nur grundlose Behauptungen. — Ich kann z. B. nicht beweisen, dass der Kern der Erde aus einer kleinen goldenen Kugel besteht, es ist das sogar nicht im Geringsten wahrscheinlich; wenn ich es aber behaupten wollte, so würde mich Niemand widerlegen können, was allerdings auch ganz überflüssig wäre. — Wissenschaftliche Hypothesen müssen stets eine wissenschaftliche oder thatsächliche Grundlage haben, dürfen auch nicht mit bereits erkannten Naturgesetzen in Widerspruch stehen. Wünschenswerth ist es ferner, dass Hülfshypothesen vermieden werden, d. h. dass man nicht, um die eine zu stützen, noch eine zweite hinzufüge. Stets aber lässt sich nur im Einzelfalle über die Zulässigkeit und den Werth von Hypothesen entscheiden. Der Ursprung der Hypothese ist die Idee, ihre entwickeltste Form die Theorie; in dieser sucht sie schon eine ganze Sammlung von Thatsachen gemeinsam zu erklären. Die Grenzen dieser Bezeichnungen sind aber kaum scharf festzustellen.

Jede Idee, jede Hypothese und jede Theorie ist ein Kind ihrer Zeit, ebenso wie jede Entdeckung; darum kann heute gar Manches befriedigend erklärt werden, dessen Erklärung früher unmöglich war, darum werden in unserem Jahrhundert Erfindungen und Entdeckungen gemacht, die im vorigen unmöglich waren, und so wird wohl auch das nächste Säculum sich zu dem unseren verhalten, denn von der Summe der Kenntnisse unserer Vorfahren aus können wir nothwendig etwas weiter blicken als diese, da unsere eignen Erfahrungen noch hinzukommen. Diese Summirung der Kenntnisse bedingt nach unserem Entwickelungsgesetz am meisten den Fortschritt der Wissenschaften, und zwar aller, da sie alle in einander greifen. Eine Folge davon ist aber auch, dass nur das Thatsächliche der Beobachtungen unwandelbar bleibt, alle Folgerungen aus ihnen dagegen der Berichtigung oder wenigstens der Vervollkommnung ausgesetzt sind. Das ist für den einzelnen Forscher beinahe ein trauriger Gedanke, für die Gesammtheit ein sehr erhebender.

Innerhalb des unvollkommenen Zustandes alles unseres Wissens lassen sich aber doch schon feste, unwandelbare

Punkte bezeichnen, deren Zahl sich stetig vermehrt, deren Verbindung zu einem Ganzen jedoch fortwährenden Aenderungen unterworfen ist. Es gehören dahin nicht die Ursachen, wohl aber die Gesetze der Bewegung, des Lichtes, der Wärme, des Schalles u. s. w.; speciell in der Geologie die Gestalt der Erde, die Zusammensetzung ihrer festen Kruste aus bestimmten Mineralaggregaten, die Möglichkeit der Bestimmung des relativen Alters der Gesteinsmassen aus den sicher erkannten Lagerungsverhältnissen, die allgemeine Uebereinstimmung des Erdbaues in allen bekannten Erdgegenden, die Ungleichheit der organischen Reste in den ungleich alten Ablagerungen, die nachweisbaren Aenderungen im inneren Bau und in der Oberflächengestaltung der festen Erdkruste.

Was wir Natur-Gesetz nennen weicht wesentlich von dem Begriff des juristischen Gesetzes ab; das letztere ist nur eine Bestimmung welche gehalten werden soll, aber sehr oft nicht gehalten wird, während die Naturgesetze im Wesen der Dinge begründet sind, so dass eine Abweichung von ihnen unmöglich erscheint. Es sind darunter einige, wie das der Gravitation und des Lichtes, welche für den ganzen Weltraum, so weit wir ihn kennen, gültig sind und von Anfang an galten, so dass wir wohl sagen können, es seien Weltgesetze ohne alle räumliche oder zeitliche Beschränkung; wenigstens ist kein Grund vorhanden, eine solche zu vermuthen. Wenn die Wirkungen im Wesen der Dinge begründet sind, so versteht es sich auch ganz von selbst, dass die Gesetze dieser Wirkungen sich gleich bleiben, so weit als die Dinge dieselben sind.

Wir kennen die für alle Körper gültigen Gesetze der Bewegung, nicht aber die Ursachen derselben. Bezeichnet man die Gravitation als diese Ursache, so ist das nur ein Ausdruck dafür, keine Bestimmung des Wesens, und selbst die Gravitation allein genügt nicht zur Erklärung der Weltkörperbahnen, da ausser ihr noch eine davon unabhängige Bewegung nöthig ist, gleichsam ein erster Stoss.

Die feststehenden Resultate der Geologie sind rein logische Folgerungen aus Beobachtungen, die zunächst allerdings sich

nur auf die Erde beziehen können, die aber auch für alle anderen Weltkörper gelten würden, wenn wir auf ihnen entsprechende Beobachtungen anstellen könnten. Dass auch einige Grundstoffe über das Gebiet unseres Planeten hinausreichen, dafür liegen bereits Beweise vor.

Die Materie erscheint uns als das ewig Gegebene, nur in der Form Wechselnde; der Metaphysiker mag diesen Satz anders deuten, — die Materie nur als eine Erscheinungsform der Kraft auslegen — das ist dann aber eine Auffassungsweise die das Gebiet der exacten Wissenschaft überschreitet. Daneben besteht das Gesetz von der Erhaltung der Kraft; es schliesst nicht die Beständigkeit der Materie aus, mag man die Kraft als Eigenschaft oder als Ursache der Materie ansehen.

In jedem Zweig der Naturwissenschaft, ja überhaupt in jeder Wissenschaft, muss die Wahrheit ohne alle Rücksicht auf deren Consequenzen gesucht werden. Jeder vorausgesetzte Zweck, jedes im Voraus als nothwendig angenommene Resultat oder Ziel, führt auf Irrwege. Die Ergebnisse der Forschung können für das Leben höchst wichtig werden; diese Möglichkeit darf aber keinen wesentlichen Einfluss auf die Forschung ausüben. Die Verbreitung und Anwendung der gefundenen Resultate bilden eine Aufgabe für sich.

Der Naturforscher kennt keinen Zufall, sondern nur Nothwendigkeit; jeder Vorgang ist für ihn das Resultat naturgesetzlicher Wirkungen; sind diese so verwickelter Natur, dass ihre Auflösung unmöglich erscheint, so pflegt man freilich von Zufall zu sprechen, aber nicht im wahren Sinne dieses Wortes. Der Naturforscher maasst sich nicht an, einen bestimmten Zweck zu erkennen, sondern nur ein bewundernswürdiges Ineinandergreifen und gegenseitiges Bedingen alles Vorhandenen, wie es durch das Werden nothwendig geworden ist. Die Durchschauung von Zwecken und ersten Ursachen ist ihm unerreichbar. Verstand und Gemüth mögen zwei gleichberechtigte Elemente unseres Wesens sein; das ist aber kein Grund, in wissenschaftlichen Untersuchungen, die Aufgaben des Verstandes sind, dem Gemüth irgend ein Recht einzuränmen.

Zweck und Plan der Welt mögen bestehen, aber wir kennen sie nicht und haben keine Macht sie zu durchschauen. Flourens bemerkt sehr passend: man muss nicht von den Endursachen zu den Thatsachen, sondern von den Thatsachen zu den Endursachen zu gelangen suchen.

Wenn man der Natur die bewusste Absicht unterstellen wollte, sie habe alle ihre Einrichtungen für den Menschen vorbereitet, um diesem seine Existenz und Entwickelung möglichst leicht zu machen, so würde man zugeben müssen, dass sie diese Absicht nur sehr unvollkommen erreicht habe. Nur Weniges aus ihren reichen Vorrathskammern können wir in dem Zustande brauchen, in welchem sie es darbietet. In ihrem Haushalt herrscht einerseits eine grenzenlose Verschwendung der Hülfsmittel, — von einer Unzahl organischer Keime pflegt z. B. nur ein kleiner Theil zur Ausbildung zu gelangen — und andererseits ein verderblicher Mangel — ganze Landstriche entbehren z. B. des befruchtenden Wassers. Die Metalle müssen wir erst aus ihren Erzen schmelzen, die Bausteine zuhauen, die meisten Pflanzenstoffe künstlich bearbeiten; selbst die sogenannten Heilquellen stellt der Chemiker für uns besser her, als die Natur sie darbietet. Wie gewaltige Irrthümer pflegen nicht zu entstehen, wenn man nur das nach menschlicher Anschauung Zweckmässige für wirklich hält; Columbus glaubte z. B. fest, die Landoberfläche der Erde müsse grösser sein als die Meeresoberfläche, weil sonst sich der Schöpfer einer Zweckwidrigkeit schuldig gemacht habe, da das Land vorzugsweise Wohnplatz belebter Wesen sei.

Es ist nur ein Auslegungsversuch, wenn man die Schwierigkeiten welche sich in der Natur unserem Wohlergehen entgegenstellen, als beabsichtigte Bildungsmittel bezeichnet, denn ein solcher Zweck wäre weit einfacher durch von Haus aus vollkommenere Organisation des Menschen zu erreichen gewesen. Diese ganze Frage geht aber, wie gesagt, den Naturforscher als solchen überhaupt nichts an, und er wagt nicht, sie zu beantworten.

Ueber das Princip der unbefangenen Wahrheit bei

jeder Forschung spricht sich Thomas Buckle in seiner Geschichte der Civilisation ganz vortrefflich wie folgt aus: „Ein Philosoph muss blos auf Wahrheit ausgehen, und den praktischen Einfluss seiner Speculationen ausser Acht lassen. Sind sie wahr, mögen sie bestehen; sind sie falsch, mögen sie fallen. Aber ob sie angenehm oder unangenehm, ob sie trefflich sind oder nicht, ob sie gut oder schädlich sind, ist eine Frage, die nicht den Philosophen, sondern den Praktiker angeht. Jede neue Wahrheit, die ausgesprochen worden ist, hat eine Zeit lang Schaden gestiftet; sie hat Unbequemlichkeiten, oft Unglück hervorgebracht, manchmal durch die Störung religiöser oder socialer Einrichtungen und manchmal durch den blossen Bruch mit alten, beliebten Gewohnheiten des Gedankens. Erst nach einiger Zeit und wenn das Gebäude der Angelegenheiten sich der neuen Wahrheit anbequemt hat, wiegen ihre guten Wirkungen vor; dieses Vorwiegen nimmt immer zu, bis die Wahrheit zuletzt nur Gutes wirkt. Im Anfange ist allemal etwas zu leiden. Und wenn die Wahrheit sehr bedeutend und etwas ganz Neues ist, so ist dieses Leid ein sehr ernsthaftes. Die Menschen beunruhigen sich, sie werden wankend, sie können das plötzliche Licht nicht ertragen, eine allgemeine Ruhelosigkeit überkommt sie, der Anblick der Gesellschaft scheint gestört, oder gar verzerrt, alle Interessen, alle Glaubenssätze werden zerstört, ehe neue geschaffen worden sind. Diese Symptome sind die Vorläufer von Revolutionen; sie sind allen grossen Veränderungen vorausgegangen, die die Welt durchgemacht hat; und während sie Fortschritt andeuten, wenn sie nicht ausschweifend sind, so drohen sie Anarchie, wenn sie nicht Maass halten. Den Praktikern liegt es ob, solche Symptome zu mässigen und dafür zu sorgen, dass die Wahrheiten, welche Philosophen entdecken, nicht zu voreilig angewendet werden, damit sie das Getriebe der Gesellschaft nicht aus den Fugen renken, statt es zu stärken. Der Philosoph aber, hat nur die Wahrheit zu entdecken und zu verbreiten; und das ist für Jeden, wie gross auch immer sein Geist sei, eine hinlänglich schwere Aufgabe. Diese Theilung der Arbeit zwischen

Denkern und Geschäftsleuten spart Kräfte und schützt beide Theile vor Verschwendung ihrer Talente. Sie stellt einen Unterschied auf zwischen der Wissenschaft, welche die Principien findet, und der Kunst, welche sie anwendet. Ebenso erkennt sie an, dass jeder, der Philosoph und der Praktiker, seine eigene Rolle zu spielen hat und auf seinem Felde Herr ist. Aber es ist eine verhängnissvolle Unklarheit, wenn Einer in die Sphäre des Anderen übergreifen will."

Den Irrthum kann auch die sorgfältigste Forschung nicht ganz vermeiden, er liegt in unserer Natur begründet; aber seine Berichtigung ist möglich und daher stete Aufgabe. Dem Irrthum verdanken wir sogar manche wichtige Entdeckung; hätte. z. B. Columbus die wahre Entfernung der Ostküste Asiens gekannt, so hätte er es niemals unternommen, sie durch westliche Fahrt von Spanien aus zu erreichen; Amerika wäre damals unentdeckt geblieben. Der Irrthum genügt auch häufig für die Bedürfnisse des Augenblickes. Gewisse, wenn auch nicht genaue astronomische Berechnungen waren auch auf Grundlage des ptolemäischen Weltsystems möglich, und in der Chemie sind bereits manche wichtige Entdeckungen durch Anwendung ganz falscher Theorien gemacht worden, z. B. ehe man den Sauerstoff kannte. Auch über diesen Punkt spricht sich Buckle vortrefflich aus, indem er sagt: „Der grösste Feind des Wissens ist nicht der Irrthum, sondern die Trägheit; Alles, was wir brauchen, ist die Erörterung; dann sind wir sicher, dass Alles in Ordnung kommt, wenn wir auch noch so viel Versehen machen. Ein Irrthum bekämpft den andern, jeder zerstört seinen Widersacher und die Wahrheit springt hervor. Dies ist der Verlauf menschlicher Geistesentwickelung, und unter diesem Gesichtspunkte sind die Urheber neuer Ideen, neuer Vorschläge und neuer Kategorien die Wohlthäter des Menschengeschlechtes. Ob sie Recht oder Unrecht haben, das ist das Wenigste. Sie wirken zur Aufstachelung des Geistes, sie bringen seine Kräfte in Thätigkeit; sie regen uns zu neuer Forschung an; sie bringen alte Gegenstände unter neue Gesichtspunkte; sie stören die allgemeine Trägheit und unter-

Digitized by Google

hrechen unsanft, aber mit heilsamer Wirkung die Liehe zum Schlendrian, der die Menschen verführt, auf den Wegen ihrer Vorfahren fortzutappen, und jeder Verhesserung im Wege steht als ein beständiges, ein fremdartiges und verderhliches Hinderniss."

Auch v. Scharnhorst's Ausspruch passt hierher: „Es ist nicht nöthig, dass gerade das Beste geschieht, das ist nur selten möglich, die Hauptsache ist, dass nur überhaupt Etwas geschieht".

Treten wir etwas mehr in das specielle Gehiet der Geologie ein, so findet sich auch hier überall das Bedürfniss einer philosophischen Methode.

In früherer Zeit war es sehr üblich, bei geologischen Erklärungen alle Erfahrung, und selbst die erkannten Naturgesetze, weit zu überschreiten. Dieser Gehrauch förderte die abenteuerlichsten Hypothesen zu Tage, und liess sie vorübergehend Anerkennung finden. Der gemeinsame Fortschritt aller Naturwissenschaften hat solche Ausschweifungen unthunlich gemacht, auch die Geologie ist auf das nachweisbare Wirken der Naturgesetze eingeschränkt.

Spüren wir den Ursachen aller geologischen Vorgänge nach, in so weit sich dieselben erkennen lassen, so finden wir sie hedingt durch Wirkungen der Gravitation, der Wärme, der chemischen Stoffeigenschaften und des organischen Lebens; nur von sehr geringem Einfluss erscheinen dagegen die Wirkungen des Lichtes, der Elektricität oder des Magnetismus. Die Eigenschaften der Materie oder der Stoffe, — meinetwegen der Dinge — welche wir Kräfte zu nennen pflegen, wirken unausgesetzt gegenseitig auf die vorhandenen Bildungen.

Das Wasser, welches in der Geologie eine so wichtige Rolle spielt, ist streng genommen nur ein vermittelndes Agens, ebenso die Luft in etwas geringerem Grade. Feuer als solches hat kaum eine geologische Bedeutung; wir hahen es fast nur mit Wärmewirkungen oder mit Oxydationsprozessen zu thun.

Auch in der Geologie ist der Begriff der Polarität vielfach misshraucht worden; Fechner sagt in dieser Beziehung sehr

passend: „Wer von Polarität ausserhalb der Lehre vom Magnetismus spricht, ist ein verlorener Mann".

Obwohl die Gravitation eine allgemeine Eigenschaft aller Körper ist, so ist sie doch nicht eine allgemeine Eigenschaft aller Dinge. Körper nennen wir nur, was der Gravitation unterworfen ist; davon unterscheiden sich die unwägbaren Dinge, Stoffe oder Substanzen, wie Licht, Wärme, Elektricität u. s. w., denen eben diejenige Eigenschaft fehlt, welche man Gravitation nennt.

Die Gesetze der Physik und der Chemie finden in der Geologie ihre volle Anwendung, z. Th. aber unter Umständen die das Experiment noch nicht herzustellen vermag, z. B. unter sehr starkem Druck, oder durch Einwirkung während einer sehr langen Zeitdauer. Stoff wie Kraft haben wir dabei als ewig anzusehen, nur die Erscheinungsform wechselnd. Die Energie der Wirkungen kann durch ihre Dauer ersetzt werden, und umgekehrt, dergestalt dass die grössten Resultate eben so wohl durch sehr lange Dauer schwacher Wirkungen, als durch sehr starke Wirkungen in kurzer Zeit, erklärt werden können. Die Resultate sind unter so ungleichen Umständen zwar in der Regel nicht ganz gleiche, aber doch oft schwer unterscheidbar. Selbst eine geringe Temperaturerhöhung scheint bei sehr langer Dauer ähnliche Aenderungen gewisser Körper zu bewirken, als eine starke in kurzer Zeit; doch sind bei Beurtheilung der Wärmewirkungen natürlich diejenigen Stadien zu berücksichtigen, bei denen die Aggregatzustände der Körper sich ändern, — bei denen sie aus dem festen in den flüssigen oder gasförmigen Zustand übergehen — da in diesen Fällen Energie, wie es scheint, nicht durch Dauer ersetzt werden kann. Gerade hierbei aber sind wieder die Wirkungen ungleichen Druckes von grossem, und noch nicht für alle Fälle bestimmbarem Einfluss.

Die Zeit oder Dauer ist überhaupt nur durch gleichmässige Bewegungen oder Vorgänge messbar; wo solche fehlen, oder wenigstens nicht benutzt werden können, da kann auch keine Zeit bestimmt werden, sondern unter gewissen Umstän-

Google

den nur noch ein Früher oder Später. Das ist in der Geologie der gewöhnliche Fall; d. h. man kann in der Regel nur das relative, nicht das absolute Alter der Bildungen ermitteln, und selbst dieses nicht immer.

Wo nun eine Zeitbestimmung unmöglich ist, da ist auch dem Anspruch auf Zeit keine Grenze gesetzt. Es ist dann ganz gleich, ob eine übrigens befriedigende Erklärung ein Jahr oder eine Million Jahre beansprucht; das Eine ist an sich durchaus nicht wahrscheinlicher als das Andere, denn die Ewigkeit liegt eben so gut hinter uns, als vor uns.

Beinah jeder bedeutende geologische Vorgang, dessen Resultate wir übersehen können, setzt entweder eine sehr lange Zeit oder eine ungewöhnliche Energie voraus. D. h. wenn wir die vorliegenden Resultate durch noch jetzt thätige (beobachtbare) Ursachen zu erklären versuchen, so ist das nur bei der Annahme unermesslicher Wirkungszeiträume möglich, und wenn wir letztere nicht annehmen wollen, so müssen wir eine alles Maass überschreitende Energie voraussetzen. Das gilt ebenso für die nach einander folgenden Bildungen als für die Zerstörungen: für die Ablagerung mächtiger Schichtenreihen, für die Erhebung hoher Gebirgsketten, für die vollständige Umwandlung ganzer Gesteine, für die Umgestaltungen des organischen Lebens, für die Verwitterung und Abspülung der Oberfläche u. s. w. Wenn wir aus der ganzen Kette der nach einander eingetretenen Vorgänge auch nur einen einzigen herausgreifen, — wie etwa die Auswaschung eines 500 Fuss tiefen Thales, oder die allmälige Umgestaltung der Meeresconchylien in einer bestimmten Periode — so führt uns dessen Erklärung durch den jetzt beobachtbaren Verlauf der analogen Vorgänge, schon zu Zeiträumen die alle üblichen Vorstellungen übersteigen, und die kaum nach Millionen von Jahren gemessen werden können, während entsprechende Vorgänge in noch unbestimmter Zahl nach einander eingetreten sind. Es entsteht demnach die Frage, sollen wir die Erklärung durch Zeit, oder die durch Energie vorziehen?

Die Energie ist durch Erfahrung und selbst durch Natur-

gesetze eingeschränkt; wir können nicht beliebig darüber verfügen. Bei der Zeit ist das anders; sie ist nicht beschränkt, nicht zugemessen, wir kennen keine Grenzen für sie. Wenn es sich um bestimmte Bildungen handelt, so liegt für diese allerdings nicht die Ewigkeit vor, — denn sie haben irgend einen Zeitanfang gehabt — immerhin aber ist der disponible Zeitraum ein unbegränzter, relativ also ein unendlich grosser; wir können von der absolut unendlichen Zeit dazu verwenden so viel als wir brauchen. Wo die Wahl zwischen Energie und Zeit ist, sind wir daher nur für erstere eingeschränkt, nicht für letztere, und es ist in der That nur durch die Ungewohntheit veranlasst, wenn sich die Phantasie dagegen sträubt, sehr grosse Zeiträume anzunehmen, und leichter bereit ist, unerhörte Energie zuzulassen.

Eine geologische Bestimmung des Minimums der Zeitdauer oder der Vergangenheit gewisser Vorgänge ist allerdings möglich. Ein Maximum von Bildungszeiträumen würde sich zuweilen — vielleicht durch Vergleichung einer grossen Zahl gleichzeitiger Vorgänge und analoger jetzt erfolgender — annähernd ermitteln lassen, aber immer nur ein ganz ungefähres, nicht ein in Jahren ausdrückbares. Eine wirkliche Zeitbeschränkung ergiebt sich dagegen für einzelne Erdbildungstheorien, z. B. für die Annahme eines einst heissflüssigen Zustandes der ganzen Erde; denn die Abkühlungszeit welche von diesem bis zum gegenwärtigen Zustande nöthig war, ist jedenfalls eine beschränkte, wenn auch noch nicht berechenbare, — deshalb nicht berechenbar, weil uns dazu noch die Kenntniss der Grösse der Abkühlung in einem bestimmten Zeitraum fehlt. Durch eine solche Theorie oder Voraussetzung, wird daher der gesammte geologische Entwickelungszeitraum überhaupt begrenzt, — es handelt sich nicht mehr um eine absolute Ewigkeit — aber er bleibt immer noch so unermesslich gross, dass dadurch keine Beschränkung für die Praxis eintritt; es ist ein fast noch beliebiger Theil der Ewigkeit. Zahlreiche Vorgänge, die erweislich auf einander gefolgt sein müssen, — wie z. B. die Ablagerung sehr mächtiger Schichtencomplexe voll ver-

schiedenartiger organischer Reste und die darauf folgende Ausspülung tiefer Thäler in denselben — setzen jedenfalls so grosse Zeiträume voraus, wie sie dem täglichen Leben kaum verständlich erscheinen.

Ein absolutes Zeitmaass würde in der Geologie überhaupt nur dann zu gewinnen sein, wenn es gelänge, gewisse nach einander erfolgte Vorgänge der Erdkrustenbildung mit berechenbaren Constellationen unseres Sonnensystems in Beziehung zu bringen. (Vergl. S. 353.)

Je weiter wir unsere Untersuchungen und Vermuthungen von der Gegenwart in die Vergangenheit oder Zukunft ausdehnen, um so dunkler und unsicherer werden ihre Resultate. Das Räthsel des ersten Ursprungs der Dinge bleibt überhaupt unlösbar; es kann nur weiter und weiter zurückgeschoben werden, indem wir uns seiner Lösung scheinbar mehr und mehr nähern, ohne sie je zu erreichen. Hinter jeder Antwort erhebt sich immer wieder eine neue Frage, und so fort und fort; eine letzte Antwort wird stets fehlen.

Erklärt man z. B. die innere Erdwärme als Ueberrest einer einst allgemein höheren Temperatur, so ergiebt sich sogleich die neue Frage: woher diese? — Man mag antworten: Sie entstand durch Umsetzen lebendiger Kraft bewegter Stoffe bei ihrer Vereinigung zu Weltkörpern; wer aber antwortet dann auf die Fragen: woher die Bewegung? oder: was ist überhaupt Wärme?

Erklärt Darwin's Theorie die Entstehung der auf einander folgenden Arten durch allmälige Umwandlung, so ist damit die erste Art noch nicht erklärt; lässt man diese aus der organischen Zelle hervorgehen, so fehlt die Ursache der Zelle; ist diese etwa eine Folge organischer Stoffverbindung unter gewissen Umständen, so wissen wir doch noch nichts über das Wesen und die Ursache der Stoffe überhaupt. Wollte man nun gegen dieses Zurückdrängen des Wunderbaren einwenden, es sei ganz gleich, ob man Tausende wunderbarer Einzelschöpfungen oder nur ein anfängliches Wunder annehme, so würde das eine irrige Auffassung sein. Der Unterschied ist sehr gross.

Der Naturforscher welcher statt der Erklärung Wunder zu Hülfe ruft, verzichtet bequem oder muthlos auf Forschung. Ein Wunder im gewöhnlichen Sinne erkennt er innerhalb seines Gebietes überhaupt nicht an, auch nicht ein erstes, sondern nur die Beschränktheit seiner Forschungskraft. Es bleibt ihm stets etwas Unbekanntes, Unbegriffenes im Hintergrunde, welches er weiter und weiter zurückzuschieben sucht, ohne die Hoffnung, es jemals ganz lösen zu können. Ungelöste Fragen giebt es noch überall. Wir müssen uns an den gelösten erfreuen, und an den zu lösenden üben. Beobachtung und Schlussfolgerung dringen stets nur zu einer gewissen Tiefe in die Probleme ein, nie zum Kern, d. h. es bleiben allemal noch Fragen zurück, oder vielmehr es eröffnen sich neue. Wir erkennen, dass 2 oder 3, oder mehr Dinge sich gegenseitig bedingen, in bestimmter naturgesetzlicher Beziehung zu einander stehen; wir möchten es aber für alle erkennen, da sie nothwendig alle innig mit einander verbunden sein müssen; denn Gesetzmässigkeit und Erkennbarkeit aller Naturvorgänge muss dem Naturforscher stets Richtschnur bleiben.

Durch jene Schwierigkeiten und durch die stets nur schrittweise, nie vollständige Lösbarkeit der Aufgaben wird aber gerade dem Studium der Natur ein ewiger Reiz verliehen. Dieser wäre entschwunden mit der Lösung aller Probleme; die Wissenschaft würde dann lediglich eine Aufgabe des Gedächtnisses sein, nicht zugleich eine Uebung des Verstandes und ein Bette der Vernunft. Schon Herakleitos sagt: „Vielwisserei erzeugt nicht Vernunft, nicht in der Kenntniss des einzelnen Gewordenen, sondern in der des Werdens besteht die Vernunft". Ich möchte noch lieber sagen: im Erkennen des Werdens.

Das wichtigste und allgemeinste Resultat welches in dieser Beziehung die Geologie darbietet, ist das Gesetz der steten Summirung der Einflüsse oder Resultate aller Vorgänge. Dadurch ist die zunehmende Differenzirung der Materie bedingt, die Entwickelung vom Einfachen zum Zusammengesetzten und Mannigfaltigen, im unorganischen wie im

Digitized by Google

organischen Reich. Sie beginnt im ersteren, und macht dadurch das letztere erst möglich; auch in diesem schreitet sie vor vom sogenannten Niederen zum Höheren, und reicht aus diesem in das herein, was wir als geistiges Leben bezeichnen. Auch hier reiht sich Gedanke an Gedanke, Erfindung an Erfindung, alles Vorhandene bedingt Zukünftiges.

Ich nenne das ein allgemeines Gesetz, weil wir es als eine Nothwendigkeit erkennen. Wie beim freien Fall die Geschwindigkeit zunimmt, so auch in diesem Entwickelungsgesetz die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen durch ihre Summirung.

So weit wir dem Grund dieses Vorganges nachspüren können, beruht er in der steten Bewegung der Materie, und specieller, für bereits vorhandene Himmelskörper in der Vertheilung (dem Ausstrahlen) der Wärme. Durch stete Abkühlung und Erwärmung, durch Ausstrahlung und Aufstrahlung entstanden stets neue Zustände und Bedingungen der Entwickelung, des Fortschrittes; auf der Erde z. B. nach einander Festes, Wasser, Klimazonen, Eis; und jede alte Bedingung oder ihre Resultate blieben fortwirkend. Mit der Ausgleichung aller Wärme wäre eine wesentliche Ursache jeder Aenderung verschwunden, aber wir wissen besonders durch Helmholtz, dass nicht nur die Materie, sondern auch die bewegende Kraft für unsere Auffassung unvergänglich ist, und nur die Form wechselt.

Die sinnlich wahrnehmbare Welt ist hiernach, wie sie ist, das Resultat der stets sich summirenden, allgemeinen Gesetzen folgenden gegenseitigen Einwirkungen. Darüber hinaus — bis zur wissenschaftlichen Erkenntniss einer ersten Ursache — reicht unsere Forschung nicht.

„Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren."

Goethe.

Die Anwendung des Entwickelungsgesetzes auf die Weltbildung überhaupt, setzt nothwendig einen Anfang voraus, denn die Entwickelung, das Werden, bewegt sich hiernach gleichsam zwischen zwei divergirenden Linien, und wenn wir den Winkel welchen dieselben bilden, auch noch so klein annehmen, es bleibt ein Winkel und folglich ein Anfang. Was war dann vorher? Das ist eine ähnliche Frage wie die, durch welche schon der vierzehnjährige Epikur seinen Lehrer in Verlegenheit brachte, als er ihn fragte: „Was war denn vor dem Chaos?" Ein Anfang oder Ende der Zeit wie des Raumes überhaupt ist eben so wenig denkbar als das Gegentheil vorstellbar ist. Dieser gewichtige Einwand gegen das Entwickelungsgesetz gilt aber nur für seine Anwendung auf die Welt überhaupt, durchaus nicht für die auf einen bestimmten Theil derselben, z. B. auf unser Sonnensystem. Jeder einigermaassen selbstständig ausgebildete Theil kann als solcher recht wohl einen Anfang gehabt haben, wenn wir uns auch nicht vorzustellen vermögen, wie vorher seine Materie vertheilt war. Das Entwickelungsgesetz welches wir in der uns wahrnehmbaren Welt erkennen, führt uns daher nicht auf einen Weltanfang überhaupt zurück, sondern nur auf den unserer Welt. Deren Anfang mag das Resultat einer ähnlichen Entwickelungsreihe sein, und so fort und fort bis ins Unendliche. Unsere zwei convergirenden Linien fallen zwischen zwei andere von höherer Ordnung. Es geht uns hier wie bei jedem Versuch die Unendlichkeit vorstellbar zu machen; wir müssen uns stets mit einem unbestimmten Theil derselben begnügen.

Je mehr wir, den allgemeinen Standpunkt verlassend, mit solchen Betrachtungen in die Einzelheiten der Geologie eingehen, um so mehr verlieren sie, als speciell einem Wissenszweig angehörig, ihren allgemeinen philosophischen Charakter. Dennoch werde ich diese Gelegenheit benutzen, einige geologische Sätze zu besprechen, die allenfalls sich hier anreihen lassen. Da sie nicht in bestimmter Beziehung zu einander

stehen, so kommt auch wenig auf die Ordnung an, in der sie auf einander folgen.

Geologische Thatsachen dürfen nicht durch Vorgänge erklärt werden, welche gänzlich, auch qualitativ, ausserhalb des Bereiches unserer Erfahrung liegen. Allerdings sind irrige Erklärungsversuche oft besser als gar keine, aber gar keine Erklärung ist stets besser als eine grundlose.

Selbst bei der Voraussetzung einer grösseren Energie bekannter Vorgänge darf nicht ein gewisses Maass überschritten werden, doch ist es schwierig in dieser Beziehung die Grenzen des Erlaubten festzustellen. Nur der Grundsatz muss dabei eingehalten werden: die vorausgesetzte Wirkung darf nicht ausser Verhältniss zu der angenommenen Ursache stehen; man wird z. B. nicht durch Einwirkung einer kleinen Basaltmasse die Umwandlung einer mächtigen und weit ausgedehnten Schicht erklären können.

Wir müssen überall die localen Bildungen, Vorgänge oder Wirkungen von den allgemeinen zu unterscheiden versuchen.

Zu den allgemeinen Wirkungen gehören z. B. die der vulkanischen Thätigkeit und die des Wassers. Sie sind ihrer geographischen Verbreitung nach gar nicht, der Zeit nach nur wenig beschränkt. Dasselbe gilt natürlich für alle Gesteine, welche durch vulkanische Thätigkeit oder durch Wasser gebildet wurden.

Die Verschiedenheit der Gesteine ist, mit Ausnahme einer steten Vermehrung dieser Verschiedenheit, nicht ein Resultat der Periode an sich oder der geographischen Lage ihrer Entstehung; wenigstens ist ein constanter Unterschied nach diesen Beziehungen noch nicht gefunden. Ganz gleiche Gesteine finden sich in den verschiedensten Erdgegenden und von sehr ungleichem Alter, während ganz ungleiche oft in derselben Zeit entstanden sind. Jeder Schluss aus der Natur der Gesteine auf den Ort ihrer Entstehung oder auf ihr Alter, ist darum unsicher. Dagegen scheint das Niveau der Bildung, die Tiefe unter der Oberfläche, stets einen wesentlichen Einfluss auf die Natur der Gesteine gehabt zu haben.

Digitized by Google

Es gilt dasselbe für die einzelnen Mineralien; auch ihre Entstehung scheint von Raum und Zeit in so fern unabhängig, als nicht bestimmte Mineralspecies bestimmten Ländern oder Zeiträumen ausschliesslich angehören, wie das, zumeist durch klimatische Unterschiede bedingt, bei den Pflanzen- und Thierspecies allerdings der Fall ist. Doch mag für die Gesteine wie für die Mineralien in so fern eine Zeitbeschränkung stattfinden, als sich die Zahl ihrer Verschiedenheiten im Laufe der Erdentwickelung etwas vermehrt hat. Kreide und Kieselguhr konnten nicht früher entstehen als bis bestimmte Organismen das Material dazu lieferten; Gyps nicht bevor es Wasser gab, Struvit nicht bevor thierische oder menschliche Excremente vorhanden waren etc. Eine Differenzirung des Stoffes lässt sich somit auch im Mineralreich nachweisen.

Da die organischen Reste, welche wir in den auf einander liegenden und folglich nach einander gebildeten Ablagerungen finden, stets ungleichen Species; in den Ablagerungen derselben Periode aber nicht überall ganz gleichen Species angehören, so ergiebt sich daraus für das organische Leben auf der Erde ein steter Wechsel der Form, und von Anfang an eine geographische Verschiedenheit; dabei aber auch eine stete Zunahme der Mannigfaltigkeit, der Organisationsstufe und der Annäherung an den gegenwärtigen Zustand, also eine allmälige Entwickelung.

In beiden Fällen, bei der geringen Differenzirung des Mineralreiches und bei der grösseren des Organischen, ist aber nicht die Zeit an sich als Ursache anzusehen, sondern die nothwendige Summirung der Bildungsresultate in der Zeit, wodurch die Bedingungen der Entstehung und Existenz stetig etwas geändert wurden. Das Vorhandene bedingte das Entstehende.

Die Uebereinanderfolge der Gesteine in der festen Erdkruste, welche wir im speciellen Fall Schichtung nennen, deutet stets auf periodische Unterbrechungen des Bildungsvorganges. Diese können sehr geringfügig oder sehr bedeutend gewesen sein, was sich einigermaassen aus der Natur der auf einander folgenden Schichten beurtheilen lässt. Ihre gänzliche Ver-

schiedenheit oder ihre ungleiche Lage deuten wesentliche Aenderungen der Zustände an, während welcher der Bildungsvorgang sogar auf längere Zeit unterbrochen gewesen sein kann. Im letzteren Falle ist für die locale Beobachtung der chronologische Zusammenhang unterbrochen, und es ist meist unmöglich, die Dauer dieser Unterbrechung zu beurtheilen.

Die Trennung der Gesteine in Schichten, deren jede das Resultat einer besondern Zeitperiode ist, muss aber wohl unterschieden werden von der blossen Zerspaltung der Gesteinsmassen, die wir Absonderung nennen; denn diese ist erst nach ihrer Entstehung eingetreten, durch Volumenverminderung (Contraction) der Masse, welche eben so wohl Folge der Austrocknung (des Schwindens) als der Abkühlung ist. Je schneller die Volumenverminderung auf die eine oder auf die andere Art eintrat, um so vielfachere Zerspaltung brachte sie hervor, wie sich durch Experimente nachweisen lässt; dagegen ist die Ursache regelmässiger Absonderung in Säulen, Platten und dergleichen noch völlig unbekannt.

Digitized by Google

XIII.

SYSTEM UND TERMINOLOGIE.

Die Naturforscher haben sich stets bemüht, ihre einzelnen Beobachtungen und Entdeckungen unter einander zu verbinden, in einen geordneten Zusammenhang zu bringen, und auch die einzelnen Naturkörper nach bestimmten Principien zu gruppiren und zu reihen. So entstanden Systeme des Mineralreiches, des Pflanzenreiches und des Thierreiches. Eine Zeit lang wurde gerade auf diese Systeme und ihren inneren Ausbau besonderer Werth gelegt. Man übersah dabei fast, dass die Natur nicht das Resultat eines Systems in unserem Sinne ist, sondern vielmehr das Resultat eines allseitigen Ineinandergreifens von Stoffen und Wirkungen, und dass nur der Mensch das Bedürfniss systematischer Anordnung für die Zwecke seiner Auffassung empfindet.

Seitdem man dies immer deutlicher erkannt hat, wird auf Systeme nicht mehr ein so hervorragender Werth gelegt, man betrachtet sie vielmehr nur noch als wichtige Hülfsmittel für die übersichtliche Darstellung.

Der Unterschied zwischen sogenannten künstlichen und natürlichen Systemen ist durchaus nur ein relativer; jedes System ist als solches schon etwas Künstliches, Einseitiges,

nicht Natürliches. Am Bequemsten für die Handhabung, aber zugleich am wenigsten natürlich, ist ein System welches nur eine Eigenschaft seiner Objecte für die Anordnung benntzt, wie etwa das Linnéische, und es wird um so unnatürlicher ausfallen, je weniger wesentlich die benutzte Eigenschaft ist, so z. B. wenn man die Mineralien nach der Farbe, oder die Thiere nach der Grösse ordnen wollte. Je mehr und je wesentlichere Eigenschaften bei der systematischen Anordnung zugleich berücksichtigt werden, um so mehr wird sich das Resultat dem Ideal eines natürlichen Systems nähern; da man aber in Wirklichkeit nie allen Eigenschaften zugleich Rechnung tragen kann, so ist das Ziel selbst, d. h. das wirklich natürliche System, unerreichbar, nnd überdies verliert jedes System nothwendig an Bequemlichkeit, überhanpt an systematischem Charakter, je mehr es sich der Natur anschliesst und ihrer ungebundenen Mannigfaltigkeit Rechnung trägt. Natürliches System ist ein Widerspruch in sich selbst; zwei so entgegengesetzte Anforderungen können nicht zugleich erfüllt werden.

Man fing in den Naturwissenschaften gewöhnlich mit irgend einem durchaus künstlichen, aber beqnemen System an; man suchte dann ein natürliches, da dies aber unerreichbar, so begnügte man sich mit einer möglichst übersichtlichen Anordnung der Dinge, die den wichtigsten Verwandtschaften derselben Rechnung zu tragen sucht.

In der Geologie sind Systeme für die Gesteine und für ihre Lagerung versucht worden.

Da die Gesteine durchaus nicht dem üblichen Speciesbegriff entsprechen, z. Th. sogar nichts weiter als nachweisbare Uebergangsstadien derselben Masse darstellen, und da sie auf verschiedene Weise entstanden sind, so wurde für sie eine befriedigende systematische Anordnung, ganz abgesehen von einer natürlichen, geradezu unmöglich.

Die Lagerungsverhältnisse benutzte Werner zu einem chronologischen System, da er aber dabei von der irrigen An-

Digitized by Google

sicht ausging, alle Gesteine seien durch allgemein verbreitete Ablagerung aus Wasser entstanden, so kam er zu ganz falschen Resultaten. Aus den Lagerungsverhältnissen kann man überhaupt nur das relative Alter erkennen, niemals das absolnte. Ablagerungsperioden lassen sich wohl unterscheiden, aber stets nur für einzelne Gegenden, nie für die ganze Erde scharf begrenzen. Auch die eruptiven Gesteine kann man z. Th. ihnen zuordnen, aber die Producte dieser Perioden sind nnter sich nicht gleich, und die der ungleichen Perioden auch nicht wesentlich und constant von einander verschieden. Ein chronologisches System gewährt daher nichts weiter als eine Zeiteintheilung, die man nicht ein System nennen kann.

Die Zeitgrenzen für die geologischen Perioden können sich stets nur auf bestimmte Localitäten gründen. Während an dieser oder jener Localität irgend eine Unterbrechung der Vorgänge sehr deutlich erkennbar ist, sind in anderen Erdgegenden keine Unterbrechungen des ruhigen Verlaufes eingetreten, dafür aber zu irgend einer anderen Zeit. Die nnteren und die oberen Grenzen der chronologisch zusammengehörigen Ablagernngen oder Formationen fallen deshalb für verschiedene Gegenden in verschiedene Zeiten, nnd es ist daher auch in der Regel ein ganz vergebliches Bemühen, die Abtheilungen zweier, weit von einander entfernter Erdgegenden genau mit einander vergleichen zu wollen, ganz unzulässig aber ist der Schluss aus Trennungen oder Vereinigungen in einer Gegend, auf das Zusammengehören oder Nichtzusammengehören von Ablagerungen in einer anderen. Solche Trennungen und Einigungen haben alle nur eine locale Bedeutung, was sich immer bestimmter herausstellt, je mehr man vom Bau der ganzen Erdoberfläche kennen lernt und mit einander vergleicht. Z. B.:

Zechstein und Rothliegendes sind zwei, in Thüringen petrographisch wie paläontologisch durchaus von einander verschiedene Formationen; sie sind da sogar meist sehr scharf, und oft durch übergreifende Lagerung, von einander getrennt;

das Rothliegende nimmt am Gebirgsbau des Thüringer Waldes und des Harzes wesentlich Theil, der Zechstein umsäumt nur die äusseren Ränder dieser Gebirge. Wenn nun im Königreich Sachsen die besonderen Umstände, unter welchen die Ablagerung die wir Rothliegendes zu nennen pflegen, entstand, etwas länger fortdauerten als in Thüringen, so dass, wie Naumann, von Gutbier und Geinitz nachgewiesen haben, in Sachsen noch rothe sandige Schichten abgelagert wurden, während in Thüringen schon das Material des Kupferschiefers unter sehr viel anderen Umständen zum Niederschlag gelangte, so ist das sicher kein Grund, beide Formationen in eine zu verschmelzen, denn in Thüringen bleiben sie deshalb immer noch eben so verschieden, und ein ähnliches Ineinandergreifen der Ablagerungszeiten kann möglicher Weise für alle Formationen stattfinden; nur sind zufällig his jetzt erst wenige Fälle der Art gut beobachtet worden. Es ist bekannt genug, dass in derselben Periode im europäischen Russland ganz andere Schichten mit einer ganz anderen Gliederung zur Ablagerung gelangten, die man in ihrer Verbindung Permformation genannt hat. Diese Benennung auf unseren Zechstein und unser Rothliegendes übertragen zu wollen ist — wie ich nicht oft genug wiederholen kann — jedenfalls ganz ungerechtfertigt; wir können aber auch eben so wenig verlangen, dass Murchison seine treffliche Benennung für jene russische Formation aufgeben, und sie nun etwa Rothliegendes und Zechstein oder Dyas nennen solle, eine Bezeichnung die für jene eben so wenig passt, als die Benennung Permformation für unsere Dyas. Dagegen lässt sich Dyas immer noch recht gut für eine allgemeine Zeitscala verwerthen. Es ist ein anderer Fall, wenn solche Benennungen schon lange eingebürgert sind, wie z. B. Trias; man mag dann unberücksichtigt lassen, dass die Benennung ursprünglich auf einer deutlichen Dreitheilung beruht, und die gleich alte alpinische Schichtenreihe immer noch als triasisch bezeichnen, obwohl sie wesentlich von der deutschen verschieden ist. Die Ausdrücke Jura, devonisch, silurisch und cambrisch haben sich ebenfalls eine solche allgemeine Verbrei-

Digitized by Google

tung durch ihre Priorität erworben, da man vorher noch gar keine bestimmten Bezeichnungen für Ablagerungen dieser Zeiträume hatte. Indessen stellt sich doch durch dergleichen Conflicte immer dringender das Bedürfniss heraus, für die geologischen Perioden Benennungen zu haben, welche von den Producten derselben, z. B. von den local ungleichen Ablagerungen, ganz und gar unabhängig sind. Die sehr alte Eintheilung in Primär, Secundär, Tertiär und Quartär, welche wirklich davon unabhängig ist, genügt eben so wenig als die neuere in Paläozoisch, Mesozoisch und Kainozoisch; man braucht weitere Unterabtheilungen. Für die tertiäre Periode hat Lyell die allgemein angenommenen Unterabtheilungen Eocän, Miocän und Pliocän eingeführt, überdies hat man zwischen Eocän und Miocän noch ein Oligocän eingeschoben, und Naumann vereinigte dann Eocän und Oligocän zu Paläogen, wie die Wiener Geologen schon früher Miocän und Pliocän zu Neogen verbunden hatten. Für die älteren Zeiträume fehlen solche Unterabtheilungen, die keinen localen Charakter an sich tragen, noch gänzlich, aber sie vorzuschlagen ist sehr gewagt, und ein Erfolg solcher Vorschläge überhaupt nur dann möglich, wenn sie in einem Lehrbuch geschehen, welches sich auch durch seine übrigen Eigenschaften allgemeine Geltung verschafft, und so wird man sich wohl noch lange mit den auf localen Formationen beruhenden Benennungen Kreide-, Jura-, Trias-Periode u. s. w. begnügen. Wenn man dabei das Missverständniss der Formationsübereinstimmung ausschliesst, wird das auch keinen Nachtheil haben.

Daraus ergiebt sich etwa folgende Zeiteintheilung für die Entwickelungsgeschichte der Erde, in welcher allerdings die primäre Periode ganz unverhältnissmässig Viel umfasst, wahrscheinlich viel mehr Zeit als alle anderen Perioden zusammen.

Digitized by Google

Primär.	Erstarrungs-Periode. Erste Ablagerungs-Periode. Eozoische Periode. Cambrische Periode. Silur-Periode. Devon-Periode. Kohlen-Periode. Dyas-Periode (permisch).
Secundär.	Trias-Periode. Jura-Periode. Kreide-Periode.
Tertiär.	Paläogen-Periode. Eocän. Oligocän. Neogen-Periode. Miocän. Pliocän.
Quartär.	Diluvial-Periode. Recente Periode.

Dem Nichtgeologen könnte es scheinen als liesse sich die zu grosse Ungleichheit der primären Abtheilung leicht vermeiden; es würde aber zu sehr gegen den Gebrauch verstossen, wenn man etwa Secundär bei Cambrisch, Tertiär bei Trias, und Quartär bei Eocän beginnen lassen wollte.

Fast eben so wünschenswerth als eine allgemein gültige geologische Zeitscala wäre auch eine grössere Uebereinstimmung in der Terminologie, wobei manches Veraltete und Doppelsinnige aufgegeben werden könnte.

Da die Sprache des gemeinen Lebens für Gewerbe, Künste und Wissenschaften nicht ausreichte, ihre Gegenstände und Begriffe kurz zu bezeichnen, so sind dafür mancherlei besondere, z. Th. aus fremden Sprachen entlehnte Wörter eingeführt worden. Gewiss mit Recht legte man einen besonderen Werth

auf diese, den Fortschritten der Menschheit entsprechende Vermehrung des sprachlichen Ausdruckes; sie ist eine unbedingte Nothwendigkeit, aber gar leicht sind dabei auch Missbräuche möglich.

Manche Gelehrte früherer Zeit hielten es fast unter ihrer Würde, allgemein verständlich zu schreiben; man suchte durch Fremdwörter, technische Ausdrücke und geheimnissvolle Wendungen zu glänzen; wer diese recht verschwenderisch zu handhaben und zugleich recht viel fremde Weisheit zu citiren vermochte, der galt in den Augen Mancher für ganz besonders gelehrt und weise.

Als man anfing Kunst und Wissenschaft immer grösseren Kreisen zugänglich zu machen, war es nöthig, die *Termini technici* zu erläutern, zu beschränken oder zu vermeiden, und alle besseren populären Schriftsteller haben diese Aufgabe zu erfüllen gesucht.

Auch die Geologie ist reich an Ausdrücken die der Uneingeweihte nicht sogleich verstehen wird; es sind darunter viele ganz unersetzliche und in jeder Beziehung vortreffliche, die zum Theil dem bergmännischen Leben entlehnt sind, wie z. B. Gang, Liegendes und Hangendes, Streichen und Fallen, Mulde und Sattel, Ausgehendes, Durchsetzung, Mächtigkeit u. s. w.; es sind aber auch doppelsinnige und deshalb schlechte Ausdrücke mit übernommen worden, und zu den schlechtesten von allen gehört unstreitig der Gebrauch des Wortes Gebirge für Gestein, für Formation, oder überhaupt für irgend eine innere geologische Abgrenzung. Wir wollen dem Bergmann, dessen Grubenbaue meist in Gebirgsgegenden liegen, keinen Vorwurf daraus machen, wenn er die Gesteinsmassen zwischen denen er seine Erze oder Kohlen hervorholt, ganz allgemein Gebirge nennt, und dann an einzelnen Orten dieses Gebirge durch Beiwörter unterscheidet. Für wissenschaftliche Forscher erscheint es aber durchaus unstatthaft, diesen Ausdruck, der eine so bestimmte geographische Bedeutung hat, in so abweichendem geologischen Sinne zu verwenden. Es ist das um so weniger zu entschuldigen, da eine Menge anderer, zum Theil

trefflicher Ausdrücke statt seiner zu Gebote stehen, die meist zugleich geeignet sind, den Gegenstand näher zu bezeichnen; man hat je nach Umständen die Wahl zwischen: Gestein, Bildung oder Formation, Ablagerung, Schichtengruppe u. s. w. Trotzdem finden wir noch gar häufig in geologischen Abhandlungen, dass von einem Kohlengebirge, Tertiärgebirge u. s. w. die Rede ist, sogar in Fällen, in welchen die Erdoberfläche eher eine Vertiefung als eine Erhöhung bildet. Wer über die Wahl seiner Ausdrücke etwas nachdenkt, wird schwerlich bei einem so sonderbaren Missbrauch beharren.

Nicht aus dem bergmännischen, sondern recht eigentlich aus dem gewöhnlichen Leben sind dagegen die Ausdrücke: Feuergestein, Feuerberg, feuerspeiender Berg, vulkanisches Feuer, Centralfeuer u. s. w. entlehnt; in diesen Fällen wird aber gerade durch die populäre Ausdrucksweise sehr leicht ein Missverständniss und Irrthum herbeigeführt. Unter Feuer versteht man allgemein ein Verbrennen mit Flamme, während in obigen Fällen ein solches meist geradezu ausgeschlossen ist. Feuer bedeutet da nur Wärme, Hitze, geschmolzenen Zustand u. s. w. Sicher trägt es nicht zur Klarheit der Darstellung bei, wenn die Worte etwas Anderes ausdrücken als man eigentlich meint.

Der Sinn der geologischen Benennungen ist sehr oft nur ein relativ richtiger, d. h. er bezieht sich auf gewisse Gegensätze, oder nur auf local charakteristische Eigenthümlichkeiten, so z. B. rother und grauer Gneiss, metamorphische Gesteine, Trias, Dyas u. s. w. Da diese Bezeichnungen aber auf thatsächlichen Zuständen beruhen, so ist sicher nichts dagegen einzuwenden. Es giebt aber andere der Art, die sich auf zu vage oder gar irrige Ansichten gründen. Die Bezeichnung „Uebergangsformation“ (oder Uebergangsgebirge) wurde nicht — wie unlängst ein Vertheidiger dieses bereits veralteten Ausdruckes meinte — für die krystallinischen Schiefer gewählt, sondern für die ältesten, organische Reste enthaltenden Ablagerungen, für die cambrischen, silurischen und devonischen, die man gemeinsam auch wohl Grauwackenbildungen nennt. Aufgegeben haben

diese Bezeichnung die meisten Geologen deshalb, weil solche Uebergänge, wie sie dadurch angedeutet werden sollen, eigentlich durch die ganze Reihe der sedimentären Ablagerungen nachweisbar sind. Noch misslicher ist die Bezeichnung Urgesteine oder Urgebirge geworden, seitdem sich ergeben hat, dass die Bildungen welche man vorzugsweise so nannte, durchaus nicht zu den ursprünglichen gehören, wie z. B. Urkalk.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine allgemeine geologische Sprachreinigung vorzuschlagen, oder eine Norm dafür aufzustellen; nur auf einige Uebelstände wünschte ich aufmerksam zu machen, in der Erwartung, dass Niemand darin eine Anmaassung findet, und in der Hoffnung, dass man mir es deshalb nicht um so schwerer anrechnet, wenn ich selbst zuweilen nicht den passendsten Ausdruck finden mag. Zunächst kommt es nur darauf an, dass man danach suche, und nicht alles Hergebrachte ohne Weiteres für das Beste halte.

Digitized by Google

XIV.

GEOLOGIE UND CHEMIE.

Es versteht sich von selbst, und ist auch in mehreren der vorangehenden Abschnitte bereits zur Anerkennung gelangt, dass die Gesetze der Gravitation und der Wärme bei allen geologischen Vorgängen eine wichtige Rolle spielen. Der Einfluss des Lichtes, der Elektricität und des Magnetismus, als solche, auf die Ausbildung des unorganischen Theiles der Erde ist dagegen ein schwer, oder noch gar nicht sicher nachweisbarer; deshalb habe ich es auch nicht für nöthig gehalten, der Physik im engeren Sinne einen besonderen Abschnitt zu widmen, wie der Chemie.

Die Chemie lehrt uns die elementare Zusammensetzung der Körper, und die Gesetze von denen dieselbe beherrscht wird. Mögen nun die, nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft unzerlegbaren Elemente — deren Zahl zwischen 60 und 70 schwankt — diesem Begriff wirklich entsprechen oder nicht, — darauf kommt es zunächst nicht an, denn wir können stets nur den augenblicklichen Zustand unserer Kenntnisse verwerthen.

Aus der Untersuchung der Massen aus denen die feste Erdkruste besteht, ergiebt sich, dass in ihr eigentlich nur wenige der überhaupt bekannten Elemente ganz vorherrschen. Die übrigen fehlen natürlich nicht, aber überwiegend sind es doch nur Silicium, Aluminium, Eisen, Calcium, Mag-

nesium, Kalium, Natrium, Sauerstoff und Wasserstoff, welche die feste Erdkruste bilden, unter denen wieder Silicium und Sauerstoff eine Hauptrolle spielen. Weit weniger als die obengenannten, aber immer noch häufig, sind Kohlenstoff, Chlor und Schwefel vertreten. Gewiss ist es beachtenswerth, dass gerade diese, in der Erdmasse überwiegenden Bestandtheile, auch in den aus dem Weltraum zufallenden Meteoriten besonders vorwalten, doch spielt in diesen auch noch Nickel eine charakteristische Rolle, während sie durchschnittlich weit weniger Silicium enthalten als die uns zugängliche feste Erdkruste. Sie gleichen in dieser Beziehung den basischesten Eruptivgesteinen.

An der Erklärung geologischer Vorgänge hat die Chemie ziemlich spät erst einen wesentlichen Antheil genommen. Am auffallendsten vielleicht zuerst nach Entdeckung der Alkalien- und Erdenmetalle, zu welcher Zeit die Idee auftauchte: die feste Erdkruste sei nichts Anderes als das Oxydationsproduct einer früher durchaus metallischen Kugel. Ein solcher Oxydationsprozess schien damals alle vulkanischen Erscheinungen und die Zusammensetzung aller eruptiven Gesteine zu erklären. Die Unhaltbarkeit dieses kühnen Gedankens ward indessen bald erkannt.

Der Einfluss der Chemie auf die Fortschritte der Geologie sank hierauf während einiger Decennien durch vorherrschende Beachtung der Versteinerungen sehr herab, bis er erst in neuerer Zeit durch immer sorgfältigere und instructivere Gesteinsanalysen und deren Deutung sich wieder hob. Das war am meisten Bunsen's Verdienst. Daran knüpften sich dann bald auch umfassendere Erklärungen geologischer Vorgänge.

Jene lange Vernachlässigung der Chemie fällt allerdings den Geologen zur Last, aber sie theilen diese Schuld mit den Botanikern, Zoologen und Chemikern derselben Periode, und diese Alle finden eine Entschuldigung in dem damaligen Zustande der Chemie, die noch nicht reif war, allen anderen Naturwissenschaften als eine Art Grundlage zu dienen. Die Chemie ist jetzt am meisten die Wissenschaft der Zukunft,

Digitized by Google

d. h. sie greift am gewaltigsten in das Studium der ganzen Natur und in das Leben ein, sie fördert am sichersten alle anderen materiellen Wissenszweige, und sieht selbst noch weit einflussreicheren, umgestaltenden Entdeckungen entgegen, als das bei den übrigen der Fall ist. Sie ist in einer Gährung begriffen, die fast täglich Neues producirt, wodurch sie den übrigen Naturwissenschaften und der ganzen Menschheit nützlich wird. Wir dürfen aber überhaupt kaum noch die Naturforschung in selbstständige Wissenschaften trennen; alle greifen innig in einander, alle sind nur Zweige desselben Stammes. Doch die Unmöglichkeit für den Einzelnen, Alles zu umfassen, erheischt mit Nothwendigkeit eine immer grössere Theilung der Arbeit. Jeder Forscher muss sich einen Zweig auswählen, den er besonders pflegt, der aber wie jeder andere zum ganzen Baum gehört und ihn ziert.

Die entschiedenste Anregung zur Verfolgung und Deutung chemischer Vorgänge in der Erdentwickelungsgeschichte gab Gustav Bischof in seinem „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie". Die strenge Kritik, die er darin gegen bestehende Ansichten vom chemischen und physikalischen Standpunkte anwendete, die zahlreichen Experimente und genauen Untersuchungen welche er selbst zu diesem Zweck ausführte, mussten nothwendig Vieles berichtigen und über Anderes aufklären. Aber Bischof ging viel weiter; er glaubte mit einem Schlage die gesammte alte Geologie beseitigen, und eine ganz neue dafür einsetzen zu können. Dieser Gedanke scheint auf einer Unterschätzung des Vorhandenen und auf einer Ueberschätzung der durch mühsame Arbeit gewonnenen neuen Resultate, ganz besonders aber der darauf begründeten neuen Hypothesen zu beruhen, die z. Th. mindestens ebenso einseitig und gewagt sind als diejenigen, welche bis dahin einen Theil der Geologen ungebührlich beherrscht hatten. Bischof ist durch seine hervorragenden Arbeiten der Begründer einer neuen chemisch-geologischen Schule geworden, die wir nicht unbeachtet lassen dürfen; es mag aber genügen, das Hauptwerk dieser Schule zu besprechen.

Digitized by Google

Aus diesem, in vieler Beziehung so wichtigen Werke geht hervor, dass der Verfasser durch eigene Beobachtung nur wenig mit dem Bau der festen Erdkruste vertraut ist, von dem er sich in einzelnen Fällen nach fremden Schilderungen eine ganz eigenthümliche Vorstellung zu machen scheint. Stets wird es bedenklich sein, neue Hypothesen auf fremde Beobachtungen zu gründen, da der Beobachter und Darsteller, wenn er die zu erwartende Hypothese gekannt hätte, wahrscheinlich noch Manches gesehen oder berichtet haben würde, was ihm nach seiner Auffassung unwichtig oder selbstverständlich erschien. Den so wichtigen formalen oder Lagerungs-Verhältnissen ist bei Deutung der Gesteine durch Bischof meist gar keine Rechnung getragen. Es kommt dazu noch, dass er in seiner Kritik oft ganz einseitige oder veraltete Auslegungen der Geologen als solche behandelt, welche den Zustand der Geologie überhaupt repräsentiren, und dass er unter der Bezeichnung Plutonisten eigentlich alle Geologen zusammenfasst, welche nicht seine Ansichten theilen, während diese doch unter sich gar mancherlei Schattirungen angehören. Nicht einmal den so überaus wichtigen Unterschied zwischen plutonisch und vulkanisch scheint er zu kennen oder für beachtenswerth zu halten, während doch ohne denselben die ganze neuere Geologie unverständlich bleiben muss.

Das Alles könnte an sich kein Vorwurf für den verdienstvollen Chemiker und Physiker sein. Niemand kann verlangen oder erwarten, dass ein Mann, der so umfangreiche wichtige und mühsame Untersuchungen im Laboratorium ausführt, zugleich den Bau der Erdkruste sorgfältig beobachte, und Alles lese was darüber geschrieben wird, wie man auch von keinem beobachtenden Geologen verlangen kann, dass er zugleich ein trefflicher Chemiker sei, und allen Fortschritten dieser umfangreichen Wissenschaft gewissenhaft folge. Bischof hat sogar, was das Lesen geologischer Werke betrifft, eine staunenswerthe Thätigkeit entwickelt; wie der Erfolg zeigt, war es ihm aber doch nicht möglich, eine klare Uebersicht von den Fortschritten in der Untersuchung und Deutung des Erdbaues zu gewinnen

oder zu behalten. Unter diesem Einfluss bekämpft er, wie gesagt, zuweilen Ansichten, die wohl kaum noch von einem Geologen gehegt werden, und stellt manche Hypothesen auf, die allen Lagerungsverhältnissen widersprechen, oder doch dieselben gänzlich unberücksichtigt lassen. Die chemischen Untersuchungen Bischof's würden wahrscheinlich alle Geologen mit Dank und grösster Anerkennung aufgenommen haben, die geologischen Folgerungen daraus, welche ihren Beobachtungen widersprechen, müssen sie vorläufig zurückweisen.

Der Wissenschaft wird indessen hierdurch kein Nachtheil entstehen; für sie kann der Kampf der Einzelnen nur zum Vortheil gereichen, indem er die Ansichten läutert und zu neuen Forschungen anregt. Von Bischof's wichtigen Untersuchungen sind im Laufe der Zeit bereits zahlreiche Resultate dankbar aufgenommen worden; sie haben ihren berechtigten Einfluss geübt und manche alte Ansicht berichtigt, wer aber hieraus einen plötzlichen Umsturz der Wissenschaft erwartete, der dürfte sich einer Täuschung hingegeben haben.

Wenn so kühn hervortretende Hypothesen das grosse Publicum bestechen, und wenn sie eine Anzahl unberufener Propheten hervorrufen, welche die neue Lehre, noch durch eigene Zusätze entstellt, dem Volke bereits als unumstössliche Wahrheit predigen, so wird das nur eine vorübergehende Erscheinung sein, die den Fortschritt wahrer Erkenntniss nicht dauernd beirrt.

Auch daraus wird Niemand Bischof einen begründeten Vorwurf machen können, dass seine eigenen geologischen Ansichten sich seit dem Abschluss der wichtigen Untersuchungen über die Erdwärme, die wir ihm verdanken, und selbst noch seit der Herausgabe des ersten Bandes seiner Geologie in erster Auflage, wesentlich geändert, ja total umgestaltet haben; im Gegentheil, es kann das mit Recht von seinen Anhängern als ein Beweis für die Macht der Gründe bezeichnet werden, die auf ihn eindrangen. Aber auf die Polemik Bischof's ist dieser Vorgang doch von bemerkenswerthem Einfluss gewesen; es scheint nämlich fast so, als wenn er jetzt ganz vorherrschend

nur diejenigen Ansichten kritisire, die er selbst in früherer Zeit theilte, ohne hinreichend zu berücksichtigen, dass auch die anderen Geologen seitdem nicht auf demselben Standpuukte stehen geblieben sind.

Diese allgemeinen Bemerkungen muss ich natürlich specieller zu begründen versuchen, und ich thue das, indem ich vorzugsweise die bis jetzt erschienene erste Abtheilung des dritten Bandes der zweiten Auflage von Bischof's Geologie zu Grunde lege. Dabei ist es nicht meine Absicht, die rein chemischen Untersuchungen und Hypothesen zu besprechen; ich beschränke mich auf die geologischen Folgerungen, deren chemische Seite ich als zulässig voraussetze, ohne sie damit vertreten zu wollen.

G. Bischof bestreitet in der Hauptsache die Möglichkeit der Entstehung derjenigen Gesteine welche wir eruptive zu nennen pflegen, durch Erstarrung aus einem heissflüssigen Zustande, indem er davon nur die eigentlichen Laven ausnimmt. Alle diese Gesteine sind nach ihm durch Umwandlung aus sedimentären, und zwar hauptsächlich aus Thon oder Thonschiefer, entstanden. Den Umwandlungsprozess erklärt er durch Eindringen der Gewässer von der Oberfläche aus (S. 310). Ebenso bestreitet er die Möglichkeit einer Umwandlung durch plutonische Vorgänge, d. h. durch Einwirkung von Druck und Wärme. Auch die krystallinischen Schiefer sind nach ihm das Resultat einer hydrochemischen Umwandlung durch das von oben eindringende Wasser. Hätte er nur behauptet, die mineralogische und chemische Zusammensetzung der eruptiven Gesteine, wie sie vorliegt, könne nicht das Resultat einer Erstarrung aus heissflüssigem Zustande sein, dieselbe müsse vielmehr nachträglich in ihrer Zusammensetzung mancherlei Umänderungen erfahren haben, wie dergleichen auch für die nach Bischof's eigener Ansicht erstarrten Laven nachzuweisen ist, so brauchte er sich um die Form ihres Auftretens, ihre Lagerung u. s. w. nicht weiter zu kümmern; sie könnten dann ursprünglich eruptiv entstanden, nachträglich aber vielfach verändert sein. S. 262 findet sich zwar eine Stelle die diesen

Gedanken nahelegt, indem er da sagt: „Alle Thatsachen lassen sich mit der Vorstellung, dass die krystallinischen Gesteine ihre krystallinische Ausbildung auf feuerflüssigem Wege (soll wohl heissen durch Erstarrung aus dem heissflüssigen Zustande) erlangt haben, durchaus nicht vereinigen. Sollten sie sich gleichwohl als feuerflüssige Massen erhoben haben, so könnten sie diese Ausbildung, wie die alten Laven, erst nach ihrer Entstehung und Abkühlung, auf nassem Wege erlangt haben". Später geht aber Bischof nicht weiter auf diese Möglichkeit ein, die auch ich bereits 1850 im N. Jahrb. f. Min. S. 311 angedeutet habe. Wohl die meisten Geologen sind jetzt der Ansicht, dass nur wenige Gesteine, sowohl eruptive als sedimentäre, sich noch ganz in dem Zustande befinden, in welchem sie ursprünglich entstanden; es kommt also nur auf ein Mehr oder Weniger der Umwandlung, und auf eine befriedigende Erklärung der einzelnen Umwandlungsvorgänge an, die man von dem ausgezeichneten Chemiker dankbar annehmen würde. Dabei bleibt jedoch sehr zu wünschen, dass Bischof den an sich nothwendigen Unterschied zwischen vulkanischer und plutonischer Bildung berücksichtige, den er gegenwärtig, wie gesagt, gänzlich ignorirt. Statt dessen scheint er vielmehr von allen beobachtenden Geologen zu verlangen, dass sie ihre sorgfältigen und mühsamen Untersuchungen über das formale Auftreten der eruptiven Gesteine für ungenau, befangen oder irrthümlich aufgefasst erklären lassen, und dass sie zugeben sollen, alle von ihnen daraus gezogenen Schlüsse seien durchaus falsch. Das verlangt ein Naturforscher, der in seiner Jugend allerdings auch geologische Beobachtungen gemacht hat und dabei zu ähnlichen Schlüssen gelangte, aus dessen letzten Werken aber hervorgeht, dass er dergleichen Beobachtungen nicht fortgesetzt haben kann. Wie sonderbar ist z. B. seine Auffassung der Lagerungsverhältnisse des Granites am Harz (S. 305—307), die er allerdings einer ebenso eigenthümlichen fremden Darstellung entlehnt hat. Dass der Granit am Harz einen unregelmässigen, der Schichtung der Grauwacke durchaus nicht entsprechenden Raum einnimmt, dass seine

Hauptmasse hie und da gangförmige Ramificationen in dieselbe bildet, wird unberücksichtigt gelassen; dieser Granit ist nach Bischof durch Umwandlung aus Thonschiefer entstanden, — der übrigens dort auch zahlreiche Sandsteineinlagerungen enthält — und das Uebergangsstadium zwischen beiden soll der Hornfels bilden, von welchem ausdrücklich anerkannt wird, dass er gegen den Granit stets scharf begrenzt sei. Zuletzt wird noch verlangt, dass der Granit, wenn er eruptiv sei, die Grauwackenschichten nothwendig radial aufgerichtet haben müsse, während doch eine derartige Aufrichtung kaum an irgend einem Vulkan bekannt, am wenigsten aber neben einem in der Tiefe erstarrten plutonischen Gestein zu erwarten ist.

Nach einigen phantastischen Erörterungen über die Lagerungsverhältnisse der Basalte im rheinischen Grauwackengebiet, ist S. 406 der Basaltfels von Rolandseck speciell beschrieben, und nachdem anerkannt, dass seine Grenzen gegen die Grauwacke fast überall senkrecht niedersetzen, wird zugegeben, dass dies für die eigene Theorie schwierig zu erklären sei, „diese Schwierigkeit trifft aber (sagt B.) die sedimentäre wie die plutonische Anschauung der Bilduug der Basalte; denn beide setzen offene Räume voraus". Worin nun in diesem Falle für eruptive Erklärung die Schwierigkeit bestehen soll, das sehe wenigstens ich nicht ein. Wo überhaupt Eruptionen stattgefunden haben, da scheinen mir eben ähnliche Lagerungsverhältnisse wie die beschriebenen, eine fast nothwendige Folge davon zu sein; überhaupt aber muss man sich wundern, dass von Tausenden ähnlicher Fälle, die z. Th. noch weit besser aufgeschlossen sind, hier gerade nur dieser eine als etwas ganz Besonderes hervorgehoben wird. Sind die übrigen dem Verfasser unbekannt, oder glaubt er nur nicht daran?

Es verhält sich ganz ähnlich mit einer Ramification des Basaltes in den Thonschiefer, welche in einer Anmerkung auf S. 407 beschrieben ist. Solche Erscheinungen sind denn doch etwas ganz Gewöhnliches, und bei allen möglichen eruptiven Gesteinen oft genug beobachtet worden. Wenn solche Ramificationen als Beweise gegen eruptive Entstehung gelten sollen,

dann allerdings sind diese so häufig wie Brombeeren; wir haben sie vielmehr immer für Erscheinungen gehalten, die dafür sprechen, und die sich nur sehr schwierig auf andere Weise würden erklären lassen.

Wer nur einigermaassen mit den gewaltigen Störungen bekannt ist, welche die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse in den Alpen erlitten haben, der wird es nimmermehr so ohne Weiteres als einen Beweis gegen plutonische Metamorphose gelten lassen, wenn dort stark umgewandelte Schichten über wenig veränderten liegen (S. 190); es müsste denn für den besonderen Fall nachweisbar sein, dass keine Umstürzung stattgefunden haben könne. Ebenso wenig verstehe ich, wie die S. 209 auf 30,000 Fuss geschätzte Mächtigkeit der rheinischen Grauwackenbildung als Maass für gewisse Tiefenbestimmungen dienen könne, da diese Grauwackenschichten dort überall stark aufgerichtet sind. Wenn es dann im Verlaufe dieser Betrachtungen weiter heisst: „In solchen und selbst in geringeren Tiefen können Prozesse mit Hülfe überhitzten Wassers von Statten gehen. Die Resultate derselben werden aber uns Sterblichen nie sichtbar werden," so sehe ich gar keinen Grund, warum die Resultate solcher Vorgänge aus früheren Perioden an anderen Orten nicht durch Hebung und Abschwemmung sichtbar geworden sein könnten. Darum aber handelt es sich, nicht um den localen Fall. S. 211 ist dann zwar möglicher Hebungen gedacht, zugleich aber behauptet, dass die Existenz metamorphischer Gesteine an Tiefenverhältnisse nicht geknüpft sei. Wenn damit gesagt sein soll, wie man es wohl verstehen muss, dass sie in jedem geologischen Niveau, und ganz unabhängig davon auftreten, so beruht diese Behauptung entschieden auf einem Irrthum. Doch darauf komme ich zurück.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich noch mehr Beispiele der Art hervorheben wollte, aus denen mangelhafte Kenntniss oder Beachtung der Lagerungsverhältnisse und eine ganz ungewöhnliche Deutung derselben hervorgeht; doch muss ich nochmals wiederholen, dass der Mangel an Berück-

sichtigung dieses Moments mehr noch als die Art seiner Deutung auffällt. So viel scheint mir sicher, dass die Lagerungsverhältnisse und Formen unter denen Granite, Porphyre, Grünsteine, Basalte und Trachyte auftreten, durch Bischof's Annahme einer metamorphischen Bildung derselben überhaupt nicht erklärt werden können, während sie mit der Ansicht ihrer eruptiven Entstehung — wenige noch zweifelhafte Fälle ausgenommen — im besten Einklang stehen. Jene Fälle, die ich hier ausnehme, mögen theils noch nicht hinreichend erkannt sein, theils, wie ich S. 61 bemerkte, wirklich von Umwandlungen herrühren, die aber als plutonische oder hydroplutonische zu betrachten sein dürften.

Wollte man auch zugeben, die Masse der Eruptivgesteine könne füglich ganz auf die Weise entstanden sein wie Bischof annimmt, so würde man dadurch doch ihre Lagerungsverhältnisse gar nicht erklären können, und er selbst macht auch nicht den geringsten Versuch einer solchen Erklärung.

Ich gehe jetzt zu der Begründung des anderen Vorwurfes über, den ich mir bereits anzudeuten erlaubte, und welcher darin besteht, dass Bischof die Fortschritte der Geologen neben sich sehr oft ignorirt, oder wenigstens nicht richtig aufgefasst hat.

Eigentlich schon seit Hutton, noch mehr aber seit Lyell, hat man einen bestimmten Unterschied zwischen vulkanischer und plutonischer Bildung gemacht, welcher sich auf das Niveau der Erstarrung oder sonstiger Bildung bezieht. Irrthümlich ist dieser Unterschied von Einigen als ein chronologischer aufgefasst worden, worüber ich mich bereits S. 71 aussprach. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass es nicht gleichgültig ist, ob eine heissflüssige Gesteinsmasse an der Erdoberfläche oder in grosser Tiefe — im Erdinnern — also unter höherem Druck, unter anderen Temperaturverhältnissen, und abgeschlossen von der Atmosphäre erstarrt. Bischof selbst hat dafür S. 423 einen recht lehrreichen experimentellen Beweis geliefert, indem er Basalt unter möglichst hohem künstlichen Druck zum Schmelzen, und dann wieder zum langsamen

Erstarren brachte. Das Resultat war ein anderes als nach einem Schmelzversuch unter gewöhnlichem Druck; die Masse ward im ersteren Falle durchaus steinig, nicht im Mindesten glasig, Olivin und Magneteisen waren als solche erhalten, obwohl dieselben nach Bischof's übrigen Behauptungen im Basalt nicht aus seiner Erstarrung hervorgehen können, und obwohl die Masse nach bestimmten Anzeichen wirklich vollständig geschmolzen war. Der in diesem Falle angewendete künstliche Druck konnte nur einer verhältnissmässig sehr geringen Tiefe entsprechen, und dennoch hat der Versuch Bischof's eigene Gründe gegen die eruptive Entstehung des Basaltes widerlegt, und Resultate ergeben welche beweisen, dass Erstarrung unter der Einwirkung von Druck andere Producte liefert als ohne dieselbe. Sollte man es nun unter diesen Umständen wohl glauben, dass in demselben Lehrbuch der chemisch-physikalischen Geologie welches diesen Versuch berichtet, wenigstens soweit ich es sorgfältig durchlesen habe, auch nicht an einer einzigen Stelle ein Unterschied zwischen vulkanisch und plutonisch gemacht wird? Wenn der Verfasser eine so wesentliche Unterscheidung vollständig ignorirt, — eine Unterscheidung ohne die freilich kein Geolog die grosse Ungleichheit der eruptiven Gesteinsmassen zu erklären vermag — dann muss es ihm wohl leicht werden, fälschlich vorausgesetzte Annahmen zu bekämpfen. Zahlreiche Stellen beweisen aber, dass Bischof vulkanisch und plutonisch geradezu wie identische Begriffe behandelt.

S. 51 ist von plutonischem Feuer die Rede; da aber ein Chemiker Feuer, d. h. Verbrennung mit Flamme, im Erdinnern überhaupt nicht voraussetzen kann, so beruht das entweder auf einer sehr nachlässigen Anwendung der Worte, oder auf einer Unklarheit der Begriffe. S. 253 heisst es: „Nur zwei Mineralien, Leucit und Augit, sind es, die auf plutonischem Wege gebildet werden können". Gerade diese beiden Mineralien sind aber ganz vorzugsweise charakteristisch für vulkanische, nicht für plutonische Gesteine; der Leucit ist sogar in keinem einzigen der Gesteine welche wir für plutonisch halten, als wesentlicher Gemengtheil bekannt, sondern nur in vulka-

nischen. Augit kommt allerdings auch in einigen plutonischen Gesteinen als Gemengtheil vor, aber gar nicht in den aller Wahrscheinlichkeit nach tief plutonischen. Uns erscheint der Unterschied in der mineralogischen Zusammensetzung der mehr oder weniger tief im Erdinnern erstarrten Gesteine von besonderem Interesse, und wir bedauern dabei nur sehr, die Tiefe des Vorganges nicht näher bestimmen zu können, obwohl das „mehr oder weniger tief“ sich aus den Lagerungsverhältnissen einigermaassen beurtheilen lässt.

Wie einflussreich auf Bischof's Urtheil die Vernachlässigung dieser Unterscheidung einwirkt, ergiebt sich ferner aus nachstehender Stelle auf S. 187: „Mit dem offenen Geständniss der Plutonisten, dass sich bei Porphyren, Syeniten und Graniten Einwirkungen der Hitze nicht, oder nach ihrer Ansicht doch nur sparsam zeigen, sprechen sie ihr eigenes Verdammungsurtheil über ihre Hypothese vom feuerflüssigen Ursprung dieser Gesteine aus“. Als Chemiker und Physiker weiss Bischof recht gut, dass z. B. Verglasungen oder Verschlackungen und Steigerungen der Oxydation, wie sie neben Basalten und anderen vulkanischen Gesteinen öfters gefunden werden, bei sehr langsamer Abkühlung in grosser Tiefe und unter Abschluss der Atmosphäre gar nicht vorkommen können; sein eigener Versuch (S. 423) hat das ebenfalls bestätigt. Fänden wir daher solche Wirkungen z. B. vom Granit ausgehend, so könnten wir ihn in diesem Falle gar nicht mehr als echt plutonisch bezeichnen, es müsste das vielmehr ein in gewissem Grade vulkanischer Granit sein. Aehnlich verhält es sich mit der Stelle auf S. 258: „Die trachytischen Laven (von denen allerdings S. 346 gesagt wird, dass sich keine Beweise für ihre krystallinische Ausbildung auf pyrogenem Wege finden liessen) sind die einzigen Gesteine mit Kieselsäureüberschuss, von denen die feuerflüssige Entstehung erwiesen ist; konnte aus ihnen, während langsamer Erstarrung dieser Ueberschuss nicht ausgeschieden werden: so fehlt jeder Anhaltepunkt für die Annahme, dass der in andern Gesteinen wirklich ausgeschiedene Quarz eine feuerflüssige Bildung sei“. — Den vermissten Anhaltepunkt finden

wir eben in der wahrscheinlich noch langsameren plutonischen Erstarrung unter hohem Druck und möglicher Weise unter Mitwirkung eines Wassergehaltes. Es bleibt das vorläufig eine Hypothese, da Experimente zu schwierig ausführbar sind, aber ganz ignoriren sollte man diese Hypothese doch nicht. — Hierher gehört ferner S. 262, wo es heisst: „Von den Trachytporphyrlaven ist es entschieden, dass sie als feuerflüssige Massen auf die Oberfläche der Erde gekommen sind (S. 346 ist das allerdings bestritten). Da sie nun in ihrer Zusammensetzung so sehr mit den Graniten übereinstimmen, und einen gleich hohen Kieselsäuregehalt besitzen: so ist die Möglichkeit nicht zu bezweifeln, dass auch letztere als feuerflüssige Massen emporgetreten sein können. Wäre aber die Bildung des Granites auf feuerflüssigem Wege möglich: so würde man erwarten können, irgend eine kieselsäure- und kalireiche Lava zu finden, welche zu einem wenigstens feinkörnigen Granit erstarrt wäre". Wir meinen, eine solche Lava hat man nicht zu erwarten, weil nur der plutonisch erstarrte Theil derselben, den man nach seinem Vorkommen nicht Lava zu nennen pflegt, zu Granit werden konnte, und Bischof würde wohl gethan haben, die Frage von dieser Seite aufzufassen und zu untersuchen. Er ignorirt aber consequent den Unterschied zwischen vulkanisch und plutonisch, wie er auch sehr consequent von feuerflüssig spricht, wo es passender sein würde den Ausdruck heissflüssig anzuwenden. Ich sehe hier ab von den mancherlei inneren Widersprüchen welche in obigen Stellen enthalten sind, und mit denen es der Verfasser überhaupt nicht eben genau zu nehmen scheint.

Auch S. 266 liefert ein Beispiel für die unrichtige Auffassung der plutonischen Lehre; da steht: „Die plutonische Hypothese erklärt nicht und kann nicht erklären die nach der Bildung der ursprünglichen Mineralien stattgefundenen und noch stattfindenden Veränderungen in den krystallinischen Gesteinen durch Umwandlungen und Verdrängungen vorhandener, sowie durch spätere Zuführung von Material zur Bildung neuer Mineralien. Mit der supponirten Erkaltung der Gesteine würde die Herrschaft des Pluto ihr Ende erreicht haben; denn wo keine Hitze

Digitized by Google

mehr vorhanden ist, da kann auch nichts mehr durch sie gebildet werden. Das ist das grosse Gebrechen der plutonischen Hypothese, dass sie dem einmal gebildeten Gesteine eine unveränderliche Dauer bis dahin zutheilen muss, wo dieses der Herrschaft der Atmosphäre unterliegt; dass sie daher wesentlich verschiedene Wirkungen, je nachdem sie durch Umwandlungen und Verdrängungen oder durch Zersetzungen erfolgen, nicht unterscheidet". Nach unserer Meinung ist die plutonische Wirkung nothwendig eine constante, so lange sich irgend ein Gestein in grosser Tiefe befindet, und die Vertheidiger dieser Ansicht schliessen durchaus nicht die Wirkungen des Wassers aus, am wenigsten in der Periode der allmäligen Freilegung. Bischof scheint hier wieder nur an Laven zu denken die an der Erdoberfläche erstarren, und selbst für diese hat wohl kein Geolog behauptet, dass sie nach ihrer Erstarrung ganz unverändert bleiben müssten, nur ist der mögliche Umwandlungsprocess einer unbedeckten Lava natürlich kein plutonischer.

Gehen wir jetzt specieller auf die Bildung der krystallinischen Schiefer durch Metamorphose ein.

S. 165 heisst es: „Um die durch die Metamorphose nicht gestörte Schichtung zu erklären, sehen sich die Plutonisten zur Annahme genöthigt, dass diese Krystallisationen auch dann noch erfolgen können, wenn das der Metamorphose unterworfene Gestein nur bis zum Glühen erhitzt wird. Diese Erhitzung lassen sie durch die nach ihrer Ansicht im feuerflüssigen Zustande aufgestiegenen Massen bewirken". Ich frage hier: wer thut das? Ich weiss wohl, dass diese Ansicht eine Zeit lang geläufig war, es ist auch möglich dass einige Geologen noch jetzt ihr huldigen, aber es ist nicht gerecht, die verbreitetere Vorstellung, wie sie hier z. B. S. 88, und früher mehrfach entwickelt worden ist, ganz unbeachtet zu lassen, nur den Anfangszustand einer Lehre zu bekämpfen, und auf diese Weise alle Geologen die nicht des Hydrochemikers eigene Ansicht theilen, auf gleiche Weise zu behandeln. Es wird da eine ganz andere Ansicht bestritten als die welche die vorherrschende sein dürfte.

Die Beispiele welche im ferneren Verlaufe als Gegenbeweise gegen die bei den sogenannten Plutonisten herrschende Ansicht aufgezählt werden, stehen überhaupt gar nicht in Beziehung zu plutonischen Vorgängen, da sie durchaus vulkanischen entlehnt sind, die offenbar unter ganz anderen Bedingungen stattfanden als unter plutonischen. Es ist das wiederum von entschiedener Bedeutung, denn wenn es auch richtig sein sollte, dass gewisse Mineralien die hier in Betracht kommen, nicht vulkanisch entstanden sein können, so schliesst das doch durchaus noch nicht die Möglichkeit ihrer plutonischen Entstehung unter ganz anderen Verhältnissen des Druckes u. s. w. aus. Der mehrfach wiederholte Satz (z. B. S. 242), dass die Bestandtheile des Thonschiefers zugleich die des Gneisses sind, ist auch für uns sehr wichtig, nur den Vorgang der Umwandlung in ein krystallinisches Gestein erklären wir ganz anders, — namentlich in Beziehung auf den Ort desselben — indem wir sagen: „die krystallinischen Schiefer entstanden aus sedimentären Ablagerungen in der Tiefe, durch plutonische Einwirkungen", bei welcher Erklärung zugleich auf ihre Lagerungsverhältnisse Rücksicht genommen ist, während Bischof's Ansicht den gewöhnlichen Lagerungsverhältnissen beinahe direct widerspricht. Auch Bischof wird kein Gebiet krystallinischer Schiefer nachweisen können, von dem sich behaupten liesse, dass es durch Umwandlung der neuesten, niemals bedeckt gewesenen Ablagerungen entstanden sei. Mir ist keines bekannt, welches seinem sedimentären Ursprung nach einer neueren als der Juraperiode angehörte, und selbst dieser Fall ist bis jetzt nur ganz ausnahmsweise in den Alpen wahrscheinlich, wo die noch neueren Ablagerungen eine sehr grosse Mächtigkeit besitzen. Bei Weitem die meisten krystallinischen Schiefer sind nachweisbar älter als silurisch, und waren offenbar sehr lange und sehr mächtig überlagert.

Wenn wirklich, wie Bischof annimmt, der Umwandlungsprocess lediglich durch von oben eindringende Gewässer besorgt worden wäre, so müsste man wohl erwarten, dass die neueren Ablagerungen mindestens eben so häufig theilweise da-

Digitized by Google

von betroffen worden wären als die älteren, wenn auch nicht gerade die allerneuesten, für die vielleicht die Umwandlungszeit noch nicht gross genug, an denen man aber doch schon den Beginn des Umwandlungsvorganges müsste beobachten können. Das ist somit wieder einer der Fälle, in welchen Bischof den deutlich erkannten Lagerungsverhältnissen gar keine Rechnung getragen hat.

In die Genesis der krystallinischen Schiefer gehört auch die Umwandlung von dichtem Kalkstein in krystallinisch-körnigen, welcher letztere sehr häufig untergeordnete Einlagerungen zwischen Gneiss, Glimmerschiefer oder Hornblendeschiefer zu bilden pflegt. Bischof bestreitet S. 48 eine solche Umwandlung durch Wärme besonders deshalb, weil kein Abschluss denkbar sei, welcher beim Schmelzen des Kalksteins das Entweichen der Kohlensäure verhindern könne. Unsere Gründe für die plutonische Metamorphose des körnigen Kalksteins sind dagegen kurz folgende:

1. Unmittelbare Ablagerung von krystallinisch-körnigem Kalkstein scheint in der Natur nie stattgefunden zu haben, hat wenigstens noch nicht nachgewiesen werden können. Kalkspathbildung ist etwas Anderes.
2. Zwischen den neuesten sedimentären Ablagerungen ist kein körniger Kalkstein bekannt, häufig und charakteristisch findet man ihn nur zwischen krystallinischen Schiefern die selbst (auch nach Bischof) metamorph sind. Wo die Umwandlung der Schichten den gewöhnlichen, gleichsam normalen Verlauf genommen hat, da zeigen sich die Uebergänge aus dichtem in körnigen Kalkstein etwa von den Grauwackenbildungen an abwärts, aber ungleich stark je nach localen Verhältnissen, während krystallinische Dolomite auch zwischen viel neueren Schichten häufig auftreten.
3. Die besonderen Lagerungsverhältnisse der meisten körnigen Kalksteine, ihre unregelmässigen Verdickungen und häufigen Ramificationen in das einschliessende Gestein, welche sich am Leichtesten durch eine

mässige Erweichung der Masse unter Druck erklären lassen.

4. Die experimentell, durch J. Hall, G. Rose u. s. w. nachgewiesene Möglichkeit einer solchen Umwandlung durch hohe Temperatur unter Verschluss.
5. Nebenbei spricht auch das ausnahmsweise Vorkommen in geringer Ausdehnung als Contactbildung neben Eruptivgesteinen wie Basalt, Syenitgranit, Banatit u. s. w. dafür; in welchen Fällen sich sogar die von Bischof S. 50 als nothwendig verlangten Kalksilikate an den Grenzen des Kalksteins wirklich finden, so z. B. bei Predazzo und Orawicza.

Wenn Bischof die Möglichkeit eines hinreichenden Abschlusses läugnet, so scheint er nicht zu bedenken, dass eine, einige tausend Fuss hohe Wasserbedeckung, welche zugleich alle Klüfte der Gesteine erfüllt unter denen Kalkstein liegt, einen solchen Abschluss herzustellen vermag. Meer ist zu irgend einer Zeit überall gewesen, Hebungen und Abschwemmungen zu nachträglicher Freilegung haben ebenfalls überall stattgefunden. Die plutonische Erklärung verlangt übrigens keine vollständige Schmelzung, sondern nur ein langsames Krystallisiren der Masse unter Einwirkung von Wärme, die bis zur Erweichung oder theilweisen Schmelzung steigen kann, aber nicht muss. Lange Dauer der Erwärmung scheint uns in diesem Falle genügend wirkliche Schmelzung zu ersetzen, um eine Aenderung im Aggregatzustand herbeizuführen. Jedenfalls erklärt diese plutonische Hypothese zugleich die beobachteten Lagerungsverhältnisse der körnigen Kalksteine, während die hydrochemische damit in gar keiner Beziehung steht.

In der zweiten Abtheilung des dritten Bandes von Bischof's Geologie, welche erst nach der ersten Auflage dieses Buches erschien, ist mehrfach hervorgehoben, dass grosse Dauer der Wirkungen gar Manches erklären könne was dem Experiment unmöglich sei; S. 859 heisst es z. B.: „Hier fällt es so recht in die Augen, wie chemische Wirkungen von kurzer Dauer unmöglich erscheinen können, aber möglich werden,

wenn sie sehr lange anhalten," und S. 860 ist auf eine andere Unvollkommenheit der möglichen Experimente hingewiesen, indem es da heisst: „Sind wir auch nicht im Stande, uns eine Vorstellung von der Kraft zu machen, die dies bewirkt: so sieht man doch, wie bei chemischen Processen starre Körper, und ohne dass sie in den flüssigen Zustand übergehen, so wesentliche Formenänderungen erleiden können". Diese Sätze sind sicher höchst wichtig für die plutonische Lehre überhaupt, und sie lassen sich insbesondere auf die Krystallisation des Kalksteins im Erdinnern anwenden.

Die bei Predazzo in Südtirol vorliegenden Thatsachen, welche von Bischof S. 185 besonders besprochen werden, habe ich 1862 auf's Neue untersucht, und 1863 im Neuen Jahrb. f. M. u. s. w. ausführlich beschrieben. Bei diesem zweiten Besuch überzeugte ich mich mit einigen Begleitern auf's Neue vollständig von dem Aufdringen des Syenitgranites durch den dolomitischen Kalkstein, und von der Umwandlung des letzteren an der Grenze in feinkörnigen Marmor. Zugleich aber beobachteten wir an verschiedenen Stellen bei Predazzo und am Monzon, an der Grenze des Syenitgranites und seiner Ramificationen in den krystallinisch gewordenen Kalkstein deutliche Contactbildungen anderer Art, bestehend aus Granat, Vesuvian und Gehlenit. Der sogenannte Predazzit ergab sich als ein Kalkstein mit eingemengtem Brucit, dessen Bildung ein Vorgang für sich sein mag. Ebenso untersuchte ich neuerlich die Granatfelsbildung zwischen Banatit und krystallinisch gewordenem Jurakalk bei Orawicza im Banat, und beschrieb dieselbe 1864 in meinen „Erzlagerstätten im Banat und in Serbien"; unverkennbar zeigen sie eine grosse Analogie mit denen bei Predazzo, und ich muss bedauern, dass beide Darstellungen dem Verfasser der chemischen Geologie entgangen zu sein scheinen.

Gehen wir nun zu einem anderen Thema über.

Die Vertreter der eruptiven Entstehung von Granit, Porphyr, Grünstein, Trachyt, Basalt u. s. w. haben es, nächst den Lagerungsverhältnissen, stets für einen besonderen Beweis des eruptiven

Bildungsvorganges gehalten, dass diese Gesteine sehr häufig Bruchstücke der Gesteine enthalten zwischen denen sie auftreten, und die sie, wie wir annehmen, durchbrochen haben. Auch Bischof sagt S. 278: „Nichts könnte mehr für die eruptive Bildung krystallinischer Gesteine sprechen, als Einschlüsse von Gebirgsgesteinen, welche von jenen durchbrochen worden sein sollen". Solche Fälle sind nun von guten Beobachtern zu Tausenden gefunden und beschrieben worden; sie liegen fast überall vor, wo dergleichen Gesteine zwischen anderen auftreten und gut aufgeschlossen sind. Ich habe 1858 in meinen geologischen Fragen einige besonders interessante Beispiele der Art im Zusammenhang besprochen, wobei es mir aber darauf ankam, nur die deutlichsten und wichtigsten Fälle hervorzuheben, da die Erscheinung überhaupt so verbreitet ist, dass es nicht nur überflüssig, sondern fast unmöglich sein würde, ein Verzeichniss aller bekannten Beispiele zu entwerfen.

Trotz der ungemeinen Häufigkeit dieser Thatsache, die von allen sorgfältig beobachtenden Geologen bestätigt wird, hat neuerlich H. Fischer dieselbe in Zweifel gezogen, indem er sie auf Täuschungen zurückzuführen versucht. Dagegen ist zunächst gar nichts zu sagen, denn durch Worte lässt sich der Augenschein nicht ersetzen, und jede neue Schilderung würde sich derselben Gefahr aussetzen, für auf Täuschungen beruhend erklärt zu werden. Wenn ich mich auch auf den deutlichsten Fall der Art berufen wollte welcher mir unter unzähligen bekannt ist, auf die Porphyr- und Sandsteinbruchstücke im Basalt des Ascherhübels bei Tharand, die theils nur wenig verändert, theils stark angeschmolzen sind, — wer das nicht glauben will, würde immer wieder sagen können, ich habe mich getäuscht und mit mir hundert Andere. Ganz ausgezeichnete Beispiele von mehr oder weniger veränderten Kalkstein- und Schieferbruchstücken im Granit der Pyrenäen beschrieb ganz kürzlich Zirkel in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft Bd. 19. Unwiderlegbar lassen sich solche Erscheinungen nur an Ort und Stelle nachweisen, minder sicher durch Handstücke; diese einzusenden um einen oder zwei Ungläu-

bige zu überzeugen, ist kaum der Mühe werth. G. Bischof scheint Fischer's Ansicht zu theilen, er hat aber überdies auch selbst Versuche über die Möglichkeit solcher Bruchstücke in einem aus dem heissflüssigen Zustande erstarrten Gestein angestellt, und glaubt nach deren Resultaten diese Möglichkeit bestreiten zu müssen, was freilich mit der oben citirten Stelle wenig harmonirt, denn nach diesen Versuchen würden eingeschlossene Bruchstücke nicht Beweise, sondern Widerlegungen der eruptiven Entstehnng sein, wie denn auch S. 288 ausdrücklich gesagt ist: „Wenn daher solche Einschlüsse in dichten Basalten wirklich gefunden werden sollten: so würden sie entschiedene Beweise gegen die feuerflüssige Bildung der letzteren sein", und S. 289: „Es ist demnach nicht einzusehen, wie krystallinische Gesteine, in denen Einschlüsse von sedimentären oder krystallinischen nachgewiesen sind, wirklich Bildungen aus dünn- oder dickflüssigen Massen sein können. Diese Einschlüsse könnten mithin eher für Beweise **gegen**, als **für** die plutonische Bildung krystallinischer Gesteine gelten".

Da nun aber auch in ganz neuen Laven, deren pyrogenen Ursprung Bischof selbst anerkennt, eingeschlossene, und z. Th. sogar nur wenig veränderte Bruchstücke von Thonschiefer, Glimmerschiefer, Gneiss, Kalkstein u. dergl. sehr häufig gefunden werden, nicht nur in der Eifel, sondern auch am Vesuv, Aetna u. s. w., so müssen wohl jene Versnche welche die Unmöglichkeit erweisen sollen, unter Umständen ausgeführt worden sein, die den natürlichen Vorgängen nicht entsprechen. Znm Ueberfluss sagt Bischof in dem Nachtrag zu S. 299 selbst: „Verknüpft man damit die von Dressel auch in Lava aus den Umgebungen des Laacher Sees gefundenen Einschlüsse von Quarz, Kalk und Schiefer: so ist unzweifelhaft, dass jene Basalte, wenn sie pyrogenen Ursprungs sein sollten, ebenso dickflüssig gewesen sein müssten wie Lava". Nun wer verlangt denn mehr? Schon das überall Widerspruchsvolle dieser Erörterungen macht sie haltlos.

Ich muss aber doch noch eine Stelle über Bruchstücke in, nach unserer Ansicht eruptivem Gestein anführen; S. 311

Digitized by Google

steht: „Diejenigen Geologen, welche Granite mit solchen Einschlüssen für metamorphosirte Conglomerate erklären, sind gewiss auf dem rechten Wege“. — Wer jemals Conglomerate untersucht hat, und wer jemals das so ungemein häufige Phänomen der vereinzelten Schiefereinschlüsse in Graniten beobachtet hat, muss hier nothwendig die Ueberzeugung gewinnen, dass Bischof diese beiden Erscheinungen nie sorgfältig beobachtet haben kann. Die verbundenen Theile eines Conglomerates sind abgerundete Geschiebe, die Einschlüsse im Granit meist eckige Bruchstücke wie in einer Breccie. Der Ausdruck Conglomerat mag vielleicht nur auf einer Nachlässigkeit beruhen und für Breccie stehen, aber auch in sedimentären Breccien liegen die Stücke gedrängt übereinander, nicht zerstreut wie gewöhnlich im Granit. An Graniträndern kommen allerdings auch Reihungsbreccien vor, in denen die Bruchstücke etwas gedrängter beisammen liegen, wie z. B. im sogenannten Stockscheider bei Geyer in Sachsen; das ist aber nicht der gewöhnliche Fall, und solche Breccien pflegen nach der Granitseite ebenfalls sich zu zerstreuen. Es erscheint mir unnöthig mehr hierüber zu sagen; kein beobachtender Geolog wird solche Erscheinungen mit einander verwechseln.

Beim Durchlesen der ersten Abtheilung des dritten Bandes der chemischen und physikalischen Geologie sind mir noch eine grosse Zahl von Stellen vorgekommen, die sich leicht anfechten und z. Th. widerlegen lassen; ich wähle davon hier nur noch einige wenige als Beispiele aus.

S. 99 findet sich ein äusserst künstlicher Erklärungsversuch des sogenannten Gangthonschiefers von Clausthal. Offenbar beruht dieser Versuch auf der sonderbaren Ansicht einiger Harzer Bergleute, nach welcher dieser Gangthonschiefer sich von dem Schiefer des Nebengesteins wesentlich unterscheiden soll. Ich glaube in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1864 S. 393 gezeigt zu haben, dass dieser sogenannte Gangthonschiefer durchaus nichts Anderes ist als etwas verändertes Nebengestein der Spalten, welches diese in Gestalt unregelmässiger Schollen theilweise erfüllt.

Digitized by Google

Die S. 260 beschriebenen Versuche über die Möglichkeit, Spalten oder Rinnen in Gesteinen mit heissflüssiger Substanz auszufüllen, sind in der That ohne alle Beweiskraft für den Zweck, da die Formsteine nicht erwärmt waren, wie man das wenigstens bei plutonischen Injectionen stets voraussetzen muss, bei denen überdies auch noch Druck gewirkt haben dürfte, etwa wie bei der Ausspritzung eines Adersystemes mit heissem Wachs.

Nach S. 268 sollen Sandsteine und Conglomerate in der „Urschieferformation“ nicht vorkommen, sondern erst in der Versteinerungen führenden Thonschieferformation. Was Urschiefer sei weiss eigentlich Niemand, der Nachsatz macht indessen deutlich was hier damit gemeint ist. Dann ist aber die Behauptung falsch, denn man kennt unter den ältesten Ablagerungen mit noch deutlichen Versteinerungen au verschiedenen Orten ziemlich mächtige Ablagerungen, welche Sandsteine und Conglomerate enthalten. Wo diese Schichten stark umgewandelt sind, da mögen allerdings die Sandsteine zu Quarzit oder Glimmerschiefer geworden sein.

S. 277 wird gesagt: „Alles führt zu der Annahme, dass die ursprünglichen Meerestiefen grösser als die jetzigen gewesen sein müssen“. Ich weiss nicht was hier unter dem „Alles“ verstanden wird, möchte aber gerade im Gegentheil behaupten, dass die Mehrzahl der davon abhängigen Thatsachen zu der Annahme führt, die Niveauunterschiede der festen Erdoberfläche müssten einst geringer, und folglich die Extreme der Meerestiefen nicht so beträchtlich gewesen sein als jetzt.

S. 286 wird aus den vorhergehenden interessanten Versuchen gefolgert, „dass Olivine in Basalten in keinerlei Weise auf pyrogenem Wege gebildet worden sein können. Sie sind hiernach Ausscheidungen aus einem Material welches die Silikate der Basalte enthält, auf wässerigem Wege“. Da entschieden neue Laven, wie Bischof selbst zugiebt, ebenfalls häufig Olivin enthalten, so kann eine solche Erklärung an sich gar nichts gegen den pyrogenen Ursprung des Basaltes beweisen, denn der Olivin ist danach in der Lava und im Basalt

entweder präexistirend oder secundärer Entstehung. Aber es drängt sich hier abermals ein Zweifel gegen das Entscheidende der Versuche auf, da schwer einzusehen ist: wo die aufsteigende Lava so viel fertigen Olivin losgerissen, oder wie in einem frei liegenden Lavastrom die Bildung der Olivine in verhältnissmässig kurzer Zeit habe stattfinden können, so z. B. in dem von Bischof selbst S. 285 citirten Lavastrom von Tinguaton, an dessen Oberfläche die Olivine wie Knöpfe hervorragen.

Wie schwierig es übrigens ist, aus dem gegenwärtigen Zustand der Mineralien sichere Schlüsse über die Art ihrer ursprünglichen Entstehung zu ziehen, beweisen auf's Neue die interessanten Beobachtungen von Descloizeaux und Dr. Weiss über das analoge und antiloge Verhalten der Feldspathkrystalle nach ihrer Erhitzung. Aus des Letzteren Mittheilung in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft Bd. XVII, S. 435 und in dessen Beitr. zur Kenntniss der Feldspathbildung, Haarlem, 1866 (Jahrbuch für Mineralogie 1867, S. 216) geht hervor, dass dieses Verhalten ebensowohl in echten Laven als in älteren Eruptivgesteinen ein sehr ungleiches ist, dergestalt dass man nach der gegenwärtigen Sachlage eigentlich noch gar nichts Bestimmtes rücksichtlich der Entstehungsweise daraus folgern kann, und dabei ist von Weiss der mögliche Einfluss höheren Druckes noch ganz unberücksichtigt gelassen, während er Aenderungen durch die Zeit für unwahrscheinlich hält. So verschieden auch die Resultate seiner Untersuchungen sind, folgert er dennoch daraus, dass alle Eruptivgesteine bei hoher Temperatur meist unter Mitwirkung von Wasser entstanden sein müssen.

Wenn Bischof S. 392 verlangt, man solle augitische Lava nicht basaltische nennen, weil dadurch eine unpassende Verknüpfung mit Basalt entstehe, so ist das in der That eine starke Zumuthung im Interesse einer persönlichen Ansicht. Es giebt eben Lavaströme deren Masse sich weder chemisch noch mineralogisch von Basalt unterscheiden lässt, und es giebt Basaltberge deren Aussenformen durchaus nicht echt

vulkanisch zu nennen sind, deren Masse aber z. Th. sogar poröser oder schlackiger Basaltlava völlig gleicht; unter Lava aber versteht man bekanntlich nicht ein besonderes Gestein, sondern nur eine Form des Auftretens verschiedener Mineralaggregate; eine andere Abgrenzung des Begriffes Lava hat bis jetzt wenigstens noch kein Naturforscher zu geben vermocht.

Aller Basalt ist nach Bischof aus Thon oder Thonschiefer entstanden. Als ein Grund dafür wird S. 396 auch das Vorkommen von Sapphir in demselben angeführt. Nun enthält aber z. B. die Lava von Niedermendig am Rhein ebenfalls Sapphir. In dieser soll er jedoch, da Bischof ihre pyrogene Entstehung anerkennt, erst nachträglich gebildet sein. Weshalb, fragen wir, kann er denn nicht auch im Basalt erst später entstanden sein?

S. 401 steht wörtlich: „Sollten in der Nähe von Basaltbergen Thonschiefer gefunden werden, deren elementare Zusammensetzung sich der der benachbarten Basalte näherte: so würde die Möglichkeit einer Umwandlung zur Gewissheit werden". Vielleicht ist diese eigenthümliche Art der Schlussfolge nur eine Uebereilung, ich hielt es aber doch für nöthig diese Stelle hervorzuheben, da sie wohl geeignet ist, einiges Licht auf die Methode zu werfen.

Ganz unbegreiflich erscheint mir auch noch ein Schluss auf S. 404, derselbe lautet: „Ueberdies sind die dortigen Basaltgänge (im Siegenschen nämlich) mit Eisenerzgängen verknüpft, denen man consequenter Weise gleichfalls einen eruptiven Ursprung zuschreiben müsste". Wo da die Consequenz stecken soll, mag ein Anderer einsehen. Die Eisensteingänge sind bekanntlich im Siegenschen deutlich von Basaltgängen durchsetzt, und neben der Durchsetzung zuweilen sogar sehr auffallend verändert; sie sind also entschieden älter als die letzteren; dass aber Spalten zu verschiedener Zeit auf verschiedene Weise ausgefüllt werden können, versteht sich doch wohl von selbst.

Ich muss hier schliesslich noch eines Umstandes gedenken,

Digitized by Google

für den ich nicht an eine bestimmte Stelle der Bischof'schen Geologie anknüpfen kann, da der Gegenstand in der neuen Auflage bis jetzt wenigstens noch nicht behandelt ist. Die Geologen — ich spreche hier von einer Mehrzahl — sehen in der gegenwärtigen vulkanischen Thätigkeit nur eine wenig veränderte Fortsetzung der früheren, und leiten ihren Ursprung aus einem heissflüssigen Erdinnern, dieses aber aus einem ursprünglich heissflüssigen Zustand der ganzen Erde ab. Die vulkanische Thätigkeit hat nach ihrer Ansicht mit der Zeit nur den Ort gewechselt. Auch Bischof scheint, wenigstens nach der ersten Auflage seines Buches Bd. II, S. 729, einen heissflüssigen Zustand im Erdinnern anzunehmen und daraus die Vulkane zu erklären; indem er aber alle unsere älteren Eruptivgesteine für nicht vulkanisch oder plutonisch gebildet erklärt, fällt von selbst jede frühere vulkanische Thätigkeit hinweg, und es drängt sich nothwendig die Frage auf, warum oder wodurch dieser heissflüssige Innenzustand erst in der neuesten Zeit entstanden oder thätig geworden ist? Bischof lässt diese Frage ganz unerörtert, und seine Lehre behält dadurch eine höchst auffallende Lücke in der Erklärung des Erdbaues offen, die bei uns vollständig ausgefüllt ist.

Wissenschaftliche Fragen können natürlich nicht durch Majoritäten entschieden werden, und noch weniger durch blosse Autoritäten, aber darauf glaube ich hier doch aufmerksam machen zu müssen, dass unter Allen die sich mit wirklichen geologischen Untersuchungen, z. B. mit Kartenarbeiten, in Gegenden beschäftigt haben, in denen Granite, Porphyre, Grünsteine, Basalte oder Trachyte auftreten, gegenwärtig auch nicht ein Einziger zu finden ist, der die eruptive Entstehung dieser Gesteine bezweifelt. Diese Forscher urtheilen nach den Lagerungsverhältnissen, Bischof gründet seinen Widerspruch nur auf die chemische Zusammensetzung, die mehrfache Auslegungen zulässt, und verirrt sich dabei häufig genug in Widersprüche mit sich selbst.

Nur ungern habe ich mich auf diese Polemik eingelassen; in einer Darstellung der Geologie der Gegenwart erschien es

mir jedoch unvermeidlich, G. Bischof's besondere Geologie zu besprechen, da seine Arbeiten in vieler Beziehung zu den wichtigsten auf diesem Gebiete gehören, und sein Hauptwerk einen grossen Schatz lehrreicher Thatsachen enthält, verbunden durch viele scharfsinnige Betrachtungen, aber auch gewürzt mit manchen sonderbaren Ansichten und inneren Widersprüchen. Gern und offen bekenne ich, aus dem Buche sehr viel gelernt zu haben; das darf mich aber nicht abhalten, den eigenen Standpunkt dagegen zu vertreten. Vollständig unterschreibe ich dabei die Stelle auf S. 314, welche sagt: „Immer mehr kommt man zur Erkenntniss, dass sich genetische Verhältnisse nur dann ergründen lassen, wenn Chemie, Mineralogie und Geognosie Hand in Hand gehen". Nur darf aber eben die letztere dabei nicht fehlen.

Das Vorstehende behandelte die Auffassung der Geologie durch G. Bischof als den Gründer einer besonderen Schule, über deren übrige Producte eine weitere Auslassung überflüssig erscheint. Ich reihe daran hier noch einige Bemerkungen über zwei andere chemisch-geologische Aufsätze der neuesten Zeit.

Im ersten Hefte des N. Jahrbuchs für Mineralogie u. s. w. für 1866, hat Th. Scheerer die Dolomitfrage eingehend besprochen, und damit ein sehr interessantes Problem neu angeregt und beleuchtet.

Von der, aus geologischen Gründen sehr wahrscheinlichen Voraussetzung ausgehend, dass der eigentliche Dolomit in der Regel erst ein Umwandlungsproduct aus, viel weniger Magnesia enthaltendem Kalkstein sei, werden folgende sechs verschiedene Erklärungsversuche besprochen:

1. Durch Einwirkung von Magnesiadämpfen auf Kalkstein. Das ist eine aus chemischen und geologischen Gründen unhaltbare, frühere Hypothese.
2. Durch Einwirkung einer Solution von schwefelsaurer Magnesia auf Kalkstein. Unter gewissen Umständen

Digitized by Google

ist dieser Vorgang möglich, für die meisten beobachteten Fälle aber unwahrscheinlich.

3. Durch Einwirkung von Chlormagnesium auf Kalkstein. Ueberhaupt möglich, aber nicht wahrscheinlich.
4. Durch Einwirkung von Chlormagnesium-Dämpfen auf Kalkstein. Möglich aber nicht wahrscheinlich.
5. Durch Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf schon etwas magnesiahaltigen, also dolomitischen Kalkstein. Letzterer bildet sich nachweisbar ursprünglich durch Ablagerung. Das ist in der Hauptsache G. Bischof's Erklärung. Der Vorgang ist nicht nur möglich, sondern für einzelne Fälle auch wahrscheinlich, aber nicht allgemein zur Erklärung anwendbar. Die Umwandlung durch denselben ist nothwendig mit einer beträchtlichen Volumenverminderung verbunden, da Kalkerde ohne Ersatz ausgeführt wird. Wo eine solche Volumenverminderung den Thatsachen widerspricht, da ist auch diese Erklärung unzulässig.
6. Durch Einwirkung einer Solution von kohlensaurer Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser auf gewöhnlichen oder schon etwas dolomitischen Kalkstein. Dieser Vorgang ist nicht nur möglich, sondern auch für die meisten Fälle höchst wahrscheinlich. Er ist allgemeiner als der vorige, den er wie eine specielle Modification umfasst. Scheerer erklärt dadurch, als schlagende Beispiele, die bis dahin sehr räthselhafte Dolomitbreccie bei Tharand und die hohlen Geschiebe von Lauretta auf höchst einfache und sinnreiche Weise. Hohle Kalksteingeschiebe kommen auch anderwärts vor, und Laspeyres hat die von Kreuznach in der Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1865, S. 609 sehr ausführlich besprochen und ähnlich erklärt. Scheerer wendet hierauf diese Theorie auf die mächtigen Dolomite des Fassagebietes an, und zeigt dass sie auch hier vollständig ausreichen würde, um vorhandene gewaltige Korallenriffe in krystallinischen Dolomit umzuwandeln;

dennoch giebt er sie für diesen besonderen Fall wieder auf, und hält für wahrscheinlicher, dass dieses ursprüngliche Dolomitbildungen durch magnesiareiche Quellen seien.

Wir dürfen nicht vergessen, dass Dolomit und Kalkstein ihrer geologischen Stellung nach völlig gleichbedeutend sind, und dass sie sich auch mineralogisch und chemisch nicht scharf von einander trennen lassen. Es giebt kaum einen Kalkstein der nicht Spuren von Magnesia enthielte, und an die magnesiaärmsten reihen sich ohne jeden Sprung solche mit 1, 2, 3 und bis 21,75 Procent an. Die letzteren sind echte Dolomite. Kalkstein entsteht nachweisbar durch Ablagerung aus kalkhaltigen Quellen, durch Anhäufung von animalischen oder auch vegetabilischen Kalk-Schalen und Krusten, und durch Ablagerung von Kalkschlamm der aus der mechanischen Zerstörung von Kalkstein hervorging. Eine andere Bildungsweise ist durch Beobachtung nicht nachgewiesen, aus geologischen Gründen auch nicht wahrscheinlich. Durch keinen dieser Vorgänge entsteht aber ohne Weiteres krystallinischer Marmor, und die dadurch gebildeten Kalksteine enthalten zwar bis 5 Procent Magnesia, aber kaum mehr. Die ursprüngliche Bildung wirklichen Dolomites als Gestein ist durchaus unbekannt.

Wenn wir nun bedenken, dass krystallinisch-körnige Kalksteine, deren ursprüngliche Ablagerung als solche nirgends nachgewiesen werden kann, ganz vorherrschend zwischen krystallinischen Schiefern — nur ausnahmsweise auch zwischen eruptiven Gesteinen, an deren Grenzen, oder zwischen sehr alten, aber noch nicht vollständig krystallinisch gewordenen Ablagerungen — vorkommen, ganz krystallinische Dolomite dagegen auch zwischen ziemlich neuen Schichten, die erst sehr wenig oder gar nicht verändert sind, so muss uns das naturgemäss wohl zu der Vermuthung führen, dass der Kalkstein den krystallinischen Zustand nur unter solchen Umständen angenommen habe, unter welchen auch die krystallinischen Schiefer durch Umwandlung entstanden, oder ausnahmsweise

durch den Contact eruptiver Gesteine; während dagegen der Dolomit, und selbst der nur stark dolomitische Kalkstein, auch ohne solche plutonische Einwirkungen krystallinisch-körnig wurde, wahrscheinlich bei seiner Umwandlung aus Kalkstein auf nassem Wege.

Ich meinestheils sehe unter diesen Umständen keinen Grund für die Annahme noch einer anderen Kalksteinbildungsart ausser den beobachtbaren. Für die Dolomitbildung reicht dagegen die beobachtbare Entstehung an sich, wie wir sahen, nicht aus, wohl aber dann, wenn wir die von der Chemie als zulässig erkannten und durch indirecte Beobachtung nachweisbaren Umwandlungen zu Hülfe nehmen, welche auch für die Tyroler Dolomite vollständig genügen dürften. Scheerer nimmt dagegen noch eine ursprüngliche, nicht mehr direct beobachtbare Kalkstein- und Dolomitbildung durch chemische Präcipitate aus dem Meere oder aus Mineralquellen an, die erstere für die Zeit in der es noch keine Organismen auf der Erde gab. In ähnlicher Weise haben Sterry Hunt, Leymerie und Cordier (Compt. rend. 1862, t. LIV, p. 1190) angenommen: die ältesten Meere seien im Vergleich zu den gegenwärtigen viel reicher an Chlorüren von Calcium und Magnesium gewesen, und daraus seien Niederschläge von Kalkstein und Dolomit hervorgegangen. Ich könnte eine solche Hypothese nur dann für nöthig und gerechtfertigt halten, wenn sicher nachzuweisen wäre, dass marine Kalksteinablagerungen schon vor dem Auftreten der ersten Organismen stattgefunden hätten, was nicht der Fall ist.

Schon längst musste man aus der Anwesenheit von Graphitlagern zwischen sehr altem Gneiss und Glimmerschiefer schliessen, dass das organische Leben weit früher begonnen habe als in der sogenannten Grauwackenperiode, in der es sogleich mit einer überraschenden Mannigfaltigkeit auftritt. Die Entdeckung des *Eozoon,* die sich — abgesehen von einigen noch unsicheren Vorkommnissen — vollständig zu bestätigen scheint, rückt aber den Beginn des animalischen Lebens um einen unermesslichen Zeitraum in die Vergangenheit zurück,

Google

und es ist nun gar kein Grund mehr vorhanden, irgend ein Kalksteinlager durch andere als die beobachtbaren Bildungsvorgänge zu erklären.

Endlich möchte ich hier wohl noch der neuesten Arbeit Hoppe-Seyler's in Poggendorff's Annalen Bd. CXXVII, S. 161, über die Anhydritbildung gedenken; diese letztere blieb etwas räthselhaft, auch noch nach F. Bischof's trefflicher Arbeit über Stassfurth. Nach Hoppe-Seyler's Versuchen ist dieselbe möglich und wahrscheinlich durch Umwandlung aus Gyps, wenn man annehmen darf, dass die Ablagerung eine Zeit lang so tief in das Erdinnere hinabgerückt war, dass die Temperatur auf 130° stieg, denn beim Erhitzen von Gyps mit gesättigter Chlornatriumlösung auf 125—130° bildet sich daraus krystallisirter Anhydrit.

Dieses Problem blieb selbst für G. Bischof ungelöst (Bd. II, S. 189), und wenn die Versuche Hoppe-Seyler's sich bestätigen, so liegt hier einer der Fälle plutonischer Umwandlung im weiteren Sinne vor, die G. Bischof überhaupt leugnet.

XV.

EINFLUSS

des Erdbaues auf das Leben der Menschen.

Nachdem die Geologie als Wissenschaft einen Grad der Vollendung erreicht hat, welche keine totale Umgestaltungen der Lehre mehr erwarten lässt, erscheint es um so mehr Aufgabe, dieselbe für das praktische Leben in jeder Beziehung möglichst nutzbar zu machen. Ich will mit dem Obigen nicht etwa gesagt haben, die Geologie sei fertig und überhaupt keiner weiteren Entwickelung fähig. Ein solcher Zustand wird sicher nie eintreten. Im Gebiete der Naturwissenschaften bleibt stets noch zu Erforschendes übrig, aber alle Naturwissenschaften können ein gewisses Stadium erreichen, in welchem ihre Hauptumrisse feststehen, in welchem dann nur noch im Einzelnen neue Entdeckungen zu machen sind, — und dieses Stadium hat, wie mir scheint, die Geologie ebenso erreicht wie die Mineralogie, wie der beschreibende Theil der Botanik und Zoologie, wie der mechanische Theil der Physik, und wie die Geographie. Für die letztere ist das am leichtesten nachweisbar, da auf der ganzen Erde kein unbekannter Raum mehr vorhanden ist, in welchem grosse Festländer oder Inselgebiete liegen könnten, so dass also nur noch die specielle Beschaffenheit der Länder und Meeresbecken zu erforschen übrig bleibt. Anders verhält

es sich mit der Meteorologie, Chemie und Physiologie; für diese kennen wir noch nicht einmal den möglichen äusseren Umfang.

In meiner Schrift über Deutschlands Boden habe ich bereits versucht, die Gesammtheit der Einwirkungen des geologischen Baues der Länder auf das Leben der Menschen darzustellen. Hier möge es mir gestattet sein, eine kurze Uebersicht von dem zu geben, was ich dort ausführlicher behandelte und durch Beispiele belegte.

Es handelt sich da nicht etwa blos um die Aufsuchung und Verwerthung von nutzbaren Lagerstätten, — obwohl diese natürlich einen sehr wichtigen Theil der Lehre bilden — es handelt sich ganz besonders um den Einfluss der Gesammtheit des localen inneren Erdbaues auf die Lebensverhältnisse des Menschen.

Der Boden den wir Menschen bewohnen ist nie ganz ohne Einfluss auf unsere Zustände und Sitten; er ist eine der Ursachen besonderer nationaler Entwickelung, und zwar eine der unveränderlichsten. So reichen denn eine Menge Wurzeln des menschlichen und des staatlichen Lebens tief hinab in das Innere der Erde und weit zurück in längst vergangene Zeiten, denn der Boden den wir bewohnen ist das Resultat unzähliger langsamer oder local plötzlicher Umgestaltungen.

Wenn wir unsere Untersuchungen über den Einfluss des inneren Bodenbaues auf die menschlichen Zustände, auf Deutschland als ein Beispiel richten, entsteht vor Allem die Frage: Giebt es für den Geologen ein abgeschlossenes Deutschland? — Kaum! Ein Spanien, ein England, ein Norwegen, ein Schweden, ein europäisches Russland, auch allenfalls ein Frankreich, ein Böhmen, ein Bayern, das lässt sich geologisch nachweisen; aber ein Deutschland habe ich immer vergeblich gesucht. Es scheint wirklich nur ein künstlicher Begriff zu sein, die Grenze zwischen andern Ländern, ein geologisches (wie politisches) Conglomerat, etwa das geologische Centralgebiet, wie das geistige, für ganz Europa, ein breites Centrum ohne Peripherie, aber kein einheitliches Land.

Vergeblich sucht man nach umgrenzenden Gebirgen oder Meeren; uns fehlen Pyrenäen, ein Ural oder ein Kaukasus; nicht einmal die Alpen schliessen uns ab, und wo sie es könnten, da ist es uns diesseits zu eng; wir sehnen uns nach einem adriatischen Hafen. Vergeblich sucht man nach einem grossen centralisirenden Becken oder nach einem ganz und durchaus deutschen Hauptfluss. Uns fehlt das weite Seine-Becken oder das der Themse, unsere grossen Flüsse entspringen kaum auf eigenem Gebiet, noch weniger münden sie auf demselben; da ist nirgends ein natürlicher Centralpunkt geboten, kein deutsches London oder Paris, höchstens ein Wien, Berlin und Frankfurt — Mainz. Ist das nun ein Segen oder ein Unsegen? Beides, wenn ich nicht irre.

Die ungemeine Maunigfaltigkeit der deutschen Bodengestaltung und des inneren Baues derselben hat eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Bevölkerung, ihrer Sitten, Gewohnheiten und Industriezweige, eine vielfältige geistige Durchbildung, und in Folge davon eine ähnliche der Staaten und staatlichen Einrichtungen hervorgerufen. Statt eines grossen haben sich eine Menge kleiner Centralpunkte verschiedenen Ranges gebildet, und jeder hat, wie eine Sonne, seine befruchtenden Strahlen um sich her gesendet. Statt einer homogenen Nation haben sich eine Anzahl gesonderter Volksstämme entwickelt, die allerdings ihr Gemeinsames haben, und deren nationale Verbindung durch den steigenden Verkehr immer inniger wird. Derselbe Verkehr verbindet aber mehr und mehr auch ganz ungleiche Nationen.

Wenn ich behaupte, dass die socialen und politischen Zustände unseres Vaterlandes einigermaassen auch von seinem inneren Bau abhängig sind, so muss ich das näher zu begründen versuchen.

Der Einfluss der Bodengestaltung auf die Bevölkerung ist ein sehr vielartiger, schwer in alle seine Einzelheiten zu verfolgender, noch schwerer voraus zu bestimmender.

Denken wir uns gleichartige Bevölkerungselemente gleichartig über ein geognostisch sehr mannigfaltiges Land ausge-

breitet, so wird unter Anderem auch der Boden es sein, welcher sehr allmälig Ungleichheiten in der Bevölkerung, sowohl in ihrer Natur und Beschäftigung, als in ihrer Dichtigkeit hervorbringt. Denken wir uns aber einen kleinen Stamm irgendwo eingewandert und festgesetzt, so wird er sich den gegebenen Bodenverhältnissen anschmiegen, seine Sitten und seine Industrie ihnen entsprechend entwickeln; wenn er sich nun mehr und mehr ausbreitet, so wird das womöglich vorzugsweise nach den Richtungen hin geschehen, wo die gewohnten, durch viele Generationen vertraut gewordenen Bodenverhältnisse am Aehnlichsten sich vorfinden.

Auf diese Weise entstanden besondere Volksstämme in gewissen natürlichen Abgrenzungen, und von diesen einfachen Normen erfolgten nur Ausnahmen durch äusseren oder inneren Drang — z. B. Krieg, Uebervölkerung — oder durch das Lockende benachbarter Landstriche, welche in irgend einer Beziehung ergiebiger waren.

Das Alles ist nicht etwa lediglich Folge der äusseren Formverhältnisse, die ohnehin stets von den inneren abhängen; der Einfluss jener herrscht freilich vor, aber auch der innere Bau, der geognostische, ist nicht ohne Wirkung. Wer gute geologische Karten vergleicht, der wird bald erkennen, dass gerade der geologisch bunteste Theil Deutschlands — zwischen dem Erzgebirge und dem Rhein — auch der in politischer und socialer Beziehung bunteste ist. Doch darf man sich dabei nicht durch die blosse Farbenmannigfaltigkeit der geologischen Karten allein leiten lassen; diese ist in gewissem Grade eine willkürliche, da leider ein Jeder beliebige Farben für beliebige Gesteinsabtheilungen zu wählen pflegt. In diesem Falle ist aber wirklich auch der Wechsel heterogener und auf Industrie und Bodengestaltung einflussreicher Gesteine sehr gross.

Wie einförmig erscheinen dagegen geognostisch das alte Preussen, Bayern, Böhmen, und das Erzherzogthum Oesterreich!

Dieser sehr mannigfaltige Bau, der für die Einheit Deutschlands jedenfalls ungünstig war und noch ist, hat nicht wenig beigetragen zu der geistigen Durcharbeitung, Schmieg-

samkeit und Vielseitigkeit unserer Nation, aber ebenso auch zu dem Mangel an Einheits- oder Nationalgefühl.

Ich verkenne nicht, dass der Einfluss des inneren Bodenbaues auf das Leben der Menschen grösstentheils nur ein indirecter ist, der überdies vielfach durch andere, stärkere Einflüsse modificirt, verschoben, oder theilweise überwunden wird; aber bedenken muss man, dass die Ursache jener, wenn auch noch so schwachen Einwirkung, unter allen die constanteste und ursprünglichste ist. Der innere Bau der festen Erdkruste ist im Wesentlichen derselbe geblieben, seitdem sie von Menschen bewohnt wird, und seine, wenn auch geringen Einflüsse haben ohne Unterbrechuug fortgewirkt auf das locale Leben an seiner Oberfläche. Die Völker haben sich gleich Flüssigkeiten über jenem relativ Unveränderlichen, Starren, ausgebreitet, verdrängt und verschoben; wo aber viele Generationen auf derselben Scholle Land einander folgten, da ist auch jener dauernde Einfluss in ihrem Leben und Charakter bemerkbar geworden. Wie fallende Wassertropfen zuletzt den festesten Stein aushöhlen, so hat hier umgekehrt das unveränderlich Feste allmälig auf die dasselbe bewohnenden Generationen gewirkt. Die Völker verwachsen endlich mit ihrem Wohnplatze — er wird ihr Vaterland in voller Bedeutung, und nicht blos mit seinen klimatischen und äusseren formalen Zuständen, auch mit seinem tiefinnersten Grunde wird er es. Die immer grössere individuelle Beweglichkeit der Neuzeit mag diesem Einfluss entgegenwirken, — ganz aufheben für die grosse Masse kann sie ihn nie.

Dieser Einfluss des inneren Baues ist, wie gesagt, mehr ein mittelbarer als ein unmittelbarer. Die Formen der Landschaft sind Folgen des inneren Baues und localer geologischer Vorgänge, wie Erhebungen, Senkungen und Flutungen. Die Vegetation trägt neben dem überwiegenden Charakter des Klimas einigermaassen auch den der Gebirgsarten; von den Pflanzen leben Thiere, und beide benutzt der Mensch. Der feste Boden selbst liefert Bausteine, formbare Erden, Metalle, Kohlen und Salze; einen festen oder unfesten Baugrund, grosse oder geringe

Schwierigkeiten für Verkehrswege, viel oder wenig Quellen, gutes oder schlechtes Trinkwasser, Thermen oder mineralische Heilquellen; er zwingt die Flüsse zu sehr gleichmässigem oder sehr unregelmässigem Lauf; er befördert oder hindert ihre Schiffbarkeit, erhöht oder mindert ihre Anwendbarkeit als Wasserkraft; er wirkt als guter oder schlechter Wärmeleiter, er erzeugt Exhalationen von mancherlei Dämpfen und Gasarten; durch das Alles ist er nicht ohne Einfluss auf das physische Wohlbefinden und auf die Beschäftigung der Menschen. Genug, ich glaube zeigen zu können, dass der innere Bau des Bodens einen kleinen Antheil an der Geschichte der Menschen, an der Abgrenzung der Völkerstämme und der Staaten, an der Mannigfaltigkeit ihrer Entwickelung, ihres socialen, moralischen und intellectuellen Lebens gehabt hat. Von selbst ergiebt sich daraus auch einige Beziehung auf Politik und ihre *ultima ratio* — die Kriegführung.

Aber alle Wirkungen der ungleichen Art des Bodens werden naturgemäss immer schwächer und schwächer, je mehr sie sich gleichsam von ihrer materiellen Quelle entfernen und in höhere geistige Regionen eindringen.

Es liegt mir fern, die Resultate der Untersuchungen in diesem neuen Gebiet, die nähere Kenntniss jener kleinen Wirkungen des Bodens, die sich nicht sogleich alle numerisch feststellen lassen, unmittelbar praktisch ausnutzen und anwenden zu wollen. Der geologische Bau des Bodens ist ja ohnehin das Unveränderliche, dem das organische Leben sich fügt und anschmiegt. Man kann keine Kohlenlager oder Erzgänge herbeizaubern, wo keine vorhanden sind. Man kann überhaupt den Boden nicht ändern, durch ihn nicht willkürlich einwirken, und seinetwegen wird man das historisch oder factisch Gegebene, das Bestehende, einer Theorie zu Liebe nicht leicht abändern oder umgestalten, selbst wenn es sich irgendwo finden sollte, dass es in einigem Widerspruch damit stehe, — was nur durch Gewaltsamkeit und Uebermacht der anderen Einwirkungen geschehen sein könnte. Indessen solche Fälle der Umgestaltung werden dennoch dann eintreten, wenn erst die

natürlichen Bedingungen des Bodens besser bekannt sind. Ich will beispielsweise hier nur daran erinnern, dass es geologische Bodenconstitutionen giebt, die sich, um productiv zu sein, nur zum Waldbau eignen, und die dennoch als Feld benutzt werden, während anderwärts noch Holz auf sehr geeignetem Feldboden erzogen wird; mindestens den ersteren Fall müsste jeder Nationalökonom, der es vermag, zu beseitigen suchen. Ist es denn aber — abgesehen von der speciellen praktischen Bedeutung — nicht schon wichtig genug, den inneren Zusammenhang der Erscheinungen möglichst genau kennen zu lernen, auch die zartesten Wurzeln der socialen und moralischen Zustände bis zu ihren äussersten Enden zu verfolgen? Die wahren Ursachen eines Uebels zu kennen ist stets von hohem Werth, selbst wenn man sie nicht zu beseitigen vermag; man kämpft dann mindestens nicht gegen falsche an. Aber es müsste sonderbar zugehen, wenn nicht ebenso gut auf diesem Gebiet, wie in der Anthropologie, die wahre Physiologie zur wahren Heilkunde führte, ohne dass ich deshalb etwa der geologischen Grundlage diesen Werth für sich allein vindiciren möchte; er kommt vielmehr der Gesammtheit der Naturwissenschaften als Basis der Nationalökonomie zu.

Die Kenntniss der Bodenwirkungen wird nie zu gewaltsamen Aenderungen des Bestehenden, nie zu einem gänzlichen Systemwechsel führen, wohl aber kann sie darauf leiten, von der Natur gegebene Richtungen zu fördern oder zu hemmen, je nachdem es der Staatszweck erheischt. Es ist diese Kenntniss, wie gesagt, eine der ursprünglichsten Grundlagen für das Gebäude der Nationalökonomie, und als solche ist sie, meines Wissens, in ihrer Allgemeinheit vor meinem Versuch noch nicht dargestellt worden.

Kein Ethnograph, Nationalökonom oder Statistiker wird leugnen, dass ein solcher Einfluss überhaupt stattfinde. Wer möchte in Abrede stellen, dass der Silberreichthum Peru's, der Goldreichthum Californiens oder eines Theils von Australien einen grossen Einfluss auf die politischen und socialen Zustände dieser Länder gehabt habe und noch ausübe? Wer möchte

leugnen, dass England seinen industriellen Reichthum theilweise den Kohlen- und Eisensteinlagern verdankt? Dass die Unbewohnbarkeit der afrikanischen Wüsten, das besondere Leben in den Pampas von Südamerika, und in geringerem Grade selbst die Unwirthlichkeit des Karstgebirges bei Triest, wesentlich Folgen ihres geologischen Baues sind? Es kann sich also nur darum handeln, ob derselbe überall, und nicht blos in so besonderen Fällen, gross genug ist, um Beachtung zu verdienen. Streng genommen ist in der Natur nichts ohne allen Einfluss auf einander. Man würde aber in keiner wissenschaftlichen Betrachtung zu einem Ziel und Abschluss gelangen, wenn man alle, auch die geringsten gegenseitigen Wirkungen vollkommen erschöpfen wollte; deshalb scheidet man stets die unwesentlichen ab, und beschränkt sich auf die wesentlichen, mit dem Bewusstsein, dass jene zwar existiren, aber im Vergleich mit diesen ignorirt werden können, ohne die Wahrheit der Betrachtung zu stören. Der Fortschritt der Untersuchung kann indessen auch solche, lange Zeit für unwesentlich gehaltene Wirkungen in die Reihe der wesentlichen erheben, und dadurch wird dann allemal zu den früheren ein neues fruchtbares Feld der Bearbeitung gewonnen. Die Ueberzeugung, dass der innere (geologische) Bau der festen Erdkruste allerdings von wesentlichem und deshalb beachtenswerthem Einfluss auf das Leben der Menschen sei, veranlasste den Versuch, dies in meinem Werk über Deutschlands Boden nachzuweisen.

Ich will nicht behaupten, dass man die Existenz dieses Einflusses bisher durchaus ignorirt oder in Abrede gestellt habe. Karl Ritter z. B. hat die Wahrheit der Sache schon vielfach hervorgehoben, Ami Boué hat in seiner kleinen Schrift über Zweck und Nutzen der Geologie manches Wichtige darüber bemerkt; aber noch niemals ist vor meinem Buch über Deutschland's Boden der Versuch gemacht worden, den Gegenstand selbstständig zu bearbeiten und dadurch eine neue Basis für nationalökonomische Studien zu gewinnen, welche neben den anderen Grundlagen dieser Wissenschaft gewiss ebenfalls Beachtung verdient.

Digitized by Google

Die Nationalökonomen nnd Statistiker haben in letzter Zeit die Geologie nicht ganz unbeachtet gelassen. Alexander v. Lengerke hat in seinem trefflichen Werk über die landwirthschaftliche Statistik der deutschen Bundesstaaten (1840) auf 127 Seiten eine grosse Menge von Thatsachen über die physikalische Beschaffenheit Deutschlands zusammengestellt; aber des ihm fremdartigen geologischen Stoffes ist er nicht Meister geworden. Nirgends geht daraus eine Beziehung deutlich hervor, die Erscheinungen bleiben gänzlich unverbunden, nnd man weiss zuletzt nicht, wozu überhaupt diese Aufzählung der Gebirgsarten dienen soll.

Aehnlich aber ist es bisher fast allen anderen Statistikern und Nationalökonomen ergangen, welche es versucht haben, die Geologie in ihre Betrachtungen hereinzuziehen. Am meisten hat mich in dieser Beziehung die Erwartung getäuscht, welche ich, durch den Titel bestochen, von Gobbi's „Abhängigkeit der physischen Populationskräfte von den einfachsten Grundstoffen der Natur" hegte, da Gobbi in einseitiger Weise fast nur die Wirkungen des Wassers im flüssigen und gasförmigen Zustande beachtet. Nur Otto Delitsch macht eine rühmliche Ausnahme in seiner kartographischen Darstellung der Bevölkerungsdichtigkeit Westdeutschlands 1866, in welcher die Beziehungen der geologischen Formationen und der Höhenverhältnisse gleichzeitig berücksichtigt sind.

Dass es so ist kann durchaus nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass specielle geologische Karten ganzer Länder — also die wichtigsten Hülfsmittel für diesen Zweck — eigentlich erst seit etwa 30 Jahren angefertigt worden sind, und dass diese überdies nicht leicht von Jemand zu solchem Zweck verwendet werden können, der nicht sehr mit dem Gegenstande vertraut, womöglich selbst geübter Geolog ist, damit er die Bedeutung der Darstellung verstehe, die durchaus nicht vollständig aus der Farben- oder Zeichenerklärung zu entnehmen ist.

Minder genaue, allgemeinere oder geologische Uebersichtskarten, wie sie seit Anfang dieses Jahrhunderts existiren, konnten in der Hand eines Ungeübten noch weniger nützen,

zumal da auf letzteren unter einer Bezeichnung stets mehrere Gesteine dargestellt sind, die möglicherweise eine gänzlich verschiedene Bedeutung für das Leben haben.

Dieser Umstand ist sogar für die meisten Specialkarten noch jetzt in gewissem Grade gültig, und eben darum ihre Anwendung so schwierig. Das Rothliegende und der bunte Sandstein umfassen z. B. theils über, theils neben einander sehr ungleiche Gesteine (Schieferthon, Thonstein, Sandstein, Conglomerat und selbst Kalkstein), welche auf Karten nicht gesondert dargestellt zu werden pflegen, und Aehnliches gilt für die meisten sogenannten Flötzformationen. Es fällt daher die Schuld der Unfruchtbarkeit solcher Arbeiten in dieser Beziehung mehr auf die Geologen zurück, welche der Statistik noch kein ganz und ohne Umgestaltung brauchbares Material geliefert haben.

Unter diesen Umständen sah ich mich genöthigt, das Lehrgebäude vom Einfluss des inneren Bodenbaues auf das Leben von Grund aus als etwas Neues zu betrachten. Von einem solchen Neubau, zu welchem sogar die Materialien grösstentheils erst herbeigeschafft oder mindestens umgehauen werden mussten, war nicht zu erwarten, dass er sogleich einen hohen Grad der Vollendung erreiche.

Den Staatsökonomen habe ich es daher zu überlassen, ob sie das, was ich von meinem geologischen Standpunkte aus ihnen darzubieten vermochte, benutzen und weiter ausbauen wollen. Für sie lieferte ich nur Materialien.

Ich bin auch weit davon entfernt, zu glauben, dass diese neue Betrachtungsweise — selbst wenn sie Eingang gefunden — wesentliche Umgestaltungen in den staatsökonomischen Lehren hervorbringen könne. Diese sind offenbar schon auf das Thatsächliche der Erscheinungen gegründet; mein Bestreben kann es nur sein, die geologischen Ursachen der thatsächlichen Erscheinungen näher zu untersuchen, welche längst als solche anerkannt worden sind.

Dabei bin ich indessen der Meinung, dass jedes bessere Verständniss der Ursachen auch ein besseres Verständniss ihrer

Wirkungen herbeiführen müsse, und dass folglich im Einzelnen manche Berichtigung dadurch veranlasst werden könne.

Näher an den Gegenstand herantretend, habe ich zunächst die Frage zu beantworten, was will und was kann die Lehre vom Bodeneinfluss leisten?

Vor Allem muss ich da einem leicht möglichen Missverständniss begegnen. Es handelt sich bei dieser Lehre nicht um Einflüsse des Bodens, die ihrer Natur und Ursache nach mystisch und unerkennbar sind, sondern nur um solche, die sich auf bestimmte materielle Eigenschaften der Gesteine oder ihrer Lagerung zurückführen und aus diesen erklären lassen. Oberflächengestaltung, Bodenfruchtbarkeit, Quellenbildung und technische Verwendbarkeit der Gesteine oder Lagerstätten sind die wichtigsten Momente durch welche sich ein solcher Einfluss geltend macht, der für die einzelnen Vorkommnisse verschieden ist. Nur mit solchen ursachlich nachweisbaren Einwirkungen kann sich eine Untersuchung beschäftigen, welche Ansprüche darauf macht, eine wissenschaftliche zu sein.

Es genügt nicht, die Thatsachen festzustellen; man muss ihre Ursachen zu erkennen suchen.

Ein französischer Geolog des vorigen Jahrhunderts behauptete bereits, dass die Gebirgsarten einen Einfluss selbst auf die geistige Entwickelung ihrer Bewohner ausübten. Er blieb aber bei dieser allgemeinen, vielleicht auf einige ganz gute Beobachtungen basirten Behauptung stehen, ohne die Gründe dafür aufzusuchen. So schrieb er z. B. den Bewohnern basaltischer Gegenden einen vorzugsweise religiösen Sinn zu. Das mochte, wie gesagt, auf einzelnen Erfahrungen beruhen, ist aber sicher keine allgemeine Wahrheit, und lässt übrigens die verschiedenartigsten Deutungen zu. Es ist z. B. wohl möglich, dass zahlreiche zierliche Basaltkegel in manchen Gegenden die Ursache geworden sind für die Errichtung besonders vieler malerisch gelegenen Kapellen und Heiligenbilder, und dass diese in ihrer gemüthlichen Romantik dann auch wieder zurückgewirkt haben auf die religiöse Stimmung der

Menschen. Jedenfalls würde aber auch das nur für einzelne basaltische Gegenden gelten, nicht für alle, — nicht für den Basalt als Gestein, sondern für gewisse äussere Formen desselben unter bestimmten Umständen — und in keinem Falle darf man irgend einem Gesteine oder irgend einer Formation einen allgemeinen Einfluss auf die Bewohner zuschreiben, ohne specielle Gründe für diese Erscheinung beibringen zu können; denn sobald letzteres nicht möglich, ist eine Vielzahl anderer Ursachen, die nicht im Boden wurzeln, nicht ausgeschlossen. So hat man ferner in neuerer Zeit einmal behauptet, die älteren Formationen übten einen anderen Einfluss auf die Menschen aus als die neueren. Das ist in dieser allgemeinen Fassung eine durchaus vage Behauptung, um so unzuverlässiger, da die Altersverhältnisse der Formationen gar nicht immer mit bestimmten gleichbleibenden Eigenschaften derselben zusammentreffen.

Es kann auch an dieser Behauptung möglicher Weise etwas Wahres sein, d. h. sie kann auf einigen local richtigen Beobachtungen ruhen. Die älteren Formationen und Gesteine bilden z. B. häufiger Gebirgsgegenden als die neueren, und dieser Umstand mag von Einfluss sein. Aber die älteren Formationen bilden nicht immer Gebirgsgegenden, z. B. gar nicht im nordwestlichen Russland, und umgekehrt bestehen zuweilen sehr hervorragende Gebirgsgegenden aus ganz neuen Ablagerungen, wie in den nordwestlichen Alpen. Dazu kommt, dass, wie erwähnt, auch die mineralogische Natur der Gesteine gar nicht allgemein von ihrem Alter abhängig ist oder mit demselben in constanter Beziehung steht, wie gleichfalls die Alpen sehr auffallend lehren, in denen die Gesteine ganz neuer Flötzformationen denen der ältesten im nördlichen Deutschland ausserordentlich gleichen.

Wir können darum auf das Alter der Gesteine oder Formationen für unsere Forschungen, allgemein genommen und an sich, gar keinen Werth legen, sobald dasselbe nicht mit bestimmten anderen Eigenschaften verbunden ist, was allerdings oft der Fall. Fast ebenso, doch nicht ganz in dem Grade,

verhält es sich mit der Entstehungsweise der Gesteine. Eruptive Gesteine haben zwar sehr häufig Berge und Gebirge gebildet, aber aus Wasser abgelagerte sind ebenfalls zu Gebirgen erhoben worden, und die ursprünglich vielleicht sehr unebene Oberfläche jener eruptiven Gesteine ist zuweilen durch spätere Ereignisse in hohem Grade nivellirt. Doch bleibt immerhin noch ein ziemlich wesentlicher allgemeiner Unterschied der Masse und chemischen Zusammensetzung eruptiver und sedimentärer Gesteine übrig, welcher sich namentlich dadurch zu erkennen giebt, dass die ersteren nur sehr selten ebene Gegenden bilden, und dass sie fast stets aus kali- oder natronhaltigen Silikaten bestehen, die bei ihrer Zersetzung durchschnittlich einen fruchtbaren Boden liefern.

Aehnlich wie mit Alter und Entstehungsweise verhält es sich, und zwar in noch höherem Grade, auch mit den von den Geologen eingeführten und angewendeten Benennungen der Gesteine und Formationen. Unter demselben Namen werden zuweilen Gesteinsbildungen zusammengefasst, die ihrer Natur und ihren Wirkungen nach so ungleich sind, dass man sehr irren würde, wollte man glauben, mit demselben Namen müssten auch stets dieselben Wirkungen verbunden sein. Die Porphyre sind z. B. unter sich so verschieden, dass sich keineswegs eine ganz gleiche Einwirkung aller erwarten lässt, noch weit grösser sind aber die Unterschiede der petrographischen Zusammensetzung bei den Flötzformationen gleicher Benennung, die sich bei ihnen oft vorherrschend nur auf das Alter bezieht, oft ohne Rücksicht auf die Gesteinsbeschaffenheit.

Die sogenannte Kreideformation z. B. besteht an den Küsten der Ostsee aus weisser schreibender Kreide, in Sachsen z. Th. aus Sandstein, in den Schweizer Alpen z. Th. aus Thonschiefer, den man zum Dachdecken benutzt. Dass in solchen Fällen der Ausdruck Formation ein Missbrauch sei, habe ich S. 101 gezeigt, aber er besteht nun einmal noch.

Wir müssen daher, um bei unseren Untersuchungen zu einem reellen Ziele zu gelangen, überall die besondere Zusammensetzung der Gesteine und Formationen, ihre Lagerung,

Digitized by Google

die Umstände unter denen sie auftreten und die Veränderungen welche sie erlitten haben, gehörig beachten; der blosse Name, das Alter, die Entstehungsweise für sich allein genügen nicht.

Nach dieser Bemerkung über Einiges was unsere Lehre nicht leisten kann, wende ich mich dem zu was sie zu leisten vermag.

Ganz allgemein befördert sie zunächst eine richtige Erkenntniss der natürlichen Hülfsquellen der Länder und ihrer Vertheilung. Sie zeigt, wie diese gegenseitig ineinandergreifen, welche vorzugsweise, und z. Th. sogar wie sie, auszunutzen sind. Der Bodenbau ist, wie gesagt, etwas im Wesentlichen unveränderlich Gegebenes, und über ihm bewegt sich das organische Leben, vergleichbar einer, von den inneren Verschiedenheiten ungleich angezogenen Flüssigkeit. Wenn man ihn studirt, so kann es nicht in der Absicht geschehen, ihn zu ändern, sondern nur um ihn kennen zu lernen und möglichst zweckmässig auszunutzen. Die meisten Regierungen civilisirter Staaten haben diese Wahrheit anerkannt, und zu diesem Zwecke geologische Untersuchungen angeordnet. In den Vereinigten Staaten Nordamerika's lassen es die Regierungen sogar fast ihre erste Sorge sein, von den noch freien Gebieten geologische Karten herzustellen, bevor sie den Colonisten abgetreten werden. Die geologische Karte bildet dann einen der Factoren für die Werthbestimmung der Ländereien. In Westeuropa ist die Geologie für solche Anwendung zu spät reif geworden, die vom inneren Bau abhängigen Unterschiede sind hier meist thatsächlich erkannt und berücksichtigt worden, ehe man ihre Ursachen kennen lernte, aber die Thatsachen sind doch auch hier noch nicht vollständig ermittelt, und das Erkennen der Ursachen wird ausserdem noch manchen Vortheil herbeiführen und manchen Missbrauch verhindern können, in so fern es zum Nachdenken über die zweckmässigste Weise der Ausnutzung anregt. „Nur auf die Diagnose kann die Heilung folgen", sagt Riehl.

Ausser diesem allgemeinen Einfluss kann unsere Lehre beispielsweise folgende speciellere Anwendungen finden:

1. Es ist nicht unwichtig, bei politischen Abgrenzungen und Eintheilungen der Länder auf die natürlichen geologischen Gebiete Rücksicht zu nehmen; der Bau einiger macht sie von einander unabhängig, während andere sich gegenseitig ergänzen, wie z. B. Kohlen- und Erzgebiete. Dabei ist aber auf die Nachhaltigkeit dieser Bedingungen wesentlich Rücksicht zu nehmen, da irgend ein erblühender Industriezweig, wenn er auf nicht nachhaltige natürliche Hülfsquellen basirt ist, nach deren Erschöpfung um so grössere Uebelstände herbeiführt.
2. Aus diesem Grunde sollte stets eine Begünstigung der localen Bevölkerungssteigerung durch Industrie oder andere Mittel von der Natur und der Nachhaltigkeit der natürlichen Hülfsquellen abhängig gemacht werden, die dabei irgendwie von Einfluss sein können. Namentlich muss man es als unzweckmässig erkennen, in irgend einer Gegend bestimmte Industriezweige zu begünstigen, die in einer benachbarten Gegend ihrem Bodenbau nach noch günstiger situirt wären, von welcher sich demnach für die Zukunft eine gefährliche Concurrenz erwarten lässt.
3. Dagegen wird man dem Bodenbau entsprechende bodenständige Industriezweige überall zu wecken oder zu fördern bestrebt sein, auch da, wo sie nicht aus freiem Antriebe sich entwickelten.
4. Die zweckmässigste Grösse der Landgüter ist seit lange ein Problem der Nationalökonomie. Unstreitig ist sie in gewissem Grade abhängig von der Natur des Bodenbaues. In flachen Gegenden, wo der Boden nichts bietet als was auf ihm wächst, ist ein grösserer Flächenraum für die einzelnen Besitzer wünschenswerther als in solchen, wo der Boden zugleich auf andere Weise ernährt, — sei es durch Bergbau, Wasserkraft oder irgend andere Zustände; da hier die Bearbeitung kleiner Grundstücke eine passende Nebenbeschäftigung für

Industriearbeiter bilden kann, oder umgekehrt die Landbauer sich in freien Zeiten an der Industrie zu betheiligen vermögen. Hierin ist vorzugsweise die Formel zu finden für die zweckmässige Grösse des Grundbesitzes.

5. Durch augenblickliches Bedürfniss oder persönlichen Vortheil sind nicht nur in Deutschland, sondern noch mehr in den andern westeuropäischen Ländern die natürlichen Gebiete des Culturlandes vielfach auf Kosten der Wälder überschritten worden. Die Wälder sind durch Felder, Wiesen oder Weiden aus Regionen verdrängt, in denen ihre Cultur allein dem allgemeinen Wohle förderlich sein kann. Weit seltener ist es der Fall, dass dem Feldbau günstigere Regionen noch von Wald eingenommen werden. In so fern die Regierungen Macht und Mittel dazu besitzen, sollten sie bemüht sein, Wald- und Culturland möglichst zweckmässig zu vertheilen. Dabei ist aber auch der innere Bodenbau wesentlich zu berücksichtigen. Wie wichtig aber der Bestand der Wälder, nicht nur als Brennmaterial, sondern auch als Klimaregulator ist, das dürfte allgemein anerkannt sein.
6. Ganz unverkennbar ist der Einfluss, welchen genaue geologische Kenntniss auf Anlage und Ausführung von Eisenbahnen, Canälen und Strassen ausüben sollte. Es sind hiergegen grosse Verstösse begangen worden, deren Erkenntniss erwarten lässt, dass man sich in Zukunft nicht auf eine blosse Untersuchung der Oberflächenform beschränken werde.

Das sind so einige Beispiele, deren Anführung hier genügen mag, um zu zeigen, dass die Lehre von der Bodenwirkung auch eine staatswirthschaftliche Bedeutung hat.

Wenn man irgend eine neue Lehre begründen will, so ist es nöthig, dass man sie in eine Art System bringe.

Indem ich aber versuchte, die Lehre vom Bodeneinfluss systematisch zu gestalten, verkannte ich nicht, dass ein System

kaum einen anderen Zweck haben kann als den, den Gegenstand übersichtlich und handlich zu machen.

Die Wirkungen des Bodens zerfallen zunächst in unmittelbare nnd mittelbare, aber beide sind in der Regel gemeinsam thätig, unterstützen oder neutralisiren sich in gewissem Grade.

Unmittelbar wirken die verschiedenartigen Gesteine durch ihre ungleiche Qualität, chemische und mineralogische Zusammensetznng, Festigkeit, Wärmeleitungsfähigkeit, Verhalten zum Wasser u. s. w. Einige sind nutzbar als Bausteine, Erze, Brennmaterialien, Salze, Düngemittel. Einige bilden durch ihre Verwitterung einen guten, andere einen schlechten Boden u. s. w. Mittelbar wirkt dagegen der innere Ban der Erdkruste durch die Formen ihrer Oberfläche, welche grösstentheils Folgen desselben sind, oder auf welche er doch mindestens einen sehr grossen Einfluss hat. Diese äusseren Formen aber wirken deutlich auf die Vertheilung der festen Ansiedelung, wie auf die Wege des Verkehrs; sie fördern oder hemmen beide, und leiten sie; ja sie wirken sogar auf das Gemüth des Menschen und auf besondere Richtungen seiner geistigen Thätigkeit ein. Beide Wirkungen, die unmittelbaren und die mittelbaren, vermischen sich oft in gewissem Grade, oder heben sich auch gegenseitig theilweise auf; es ist zuweilen schwer, sie in der Betrachtung streng zu isoliren. Deshalb können wir diese Unterscheidung nur theilweise als oberstes Eintheilungsprinzip benutzen, denn sie wird in jeder einzelnen Gruppe von Bodenwirkungen einigermaassen wiederkehren. Die Hauptgrundlage der Eintheilung müssen wir vielmehr in der verschiedenartigen Natur der Wirkungen und ihrer Objecte suchen, nicht in ihrem eigenen Ursprung.

Danach lassen sich unterscheiden:

1. Einfluss des geologischen Baues auf Menge, Vertheilung und Art der Quellen.
2. Einfluss des geologischen Baues auf die Vegetation, grössere oder geringere Fruchtbarkeit, und Art der Benutzung der vegetabilischen Prodnctionskraft.

3. Einfluss des Bodenbaues auf die Quantität und Qualität der menschlichen Ansiedelung; *a)* Grösse der Bevölkerung, *b)* Vertheilung der Wohnorte, *c)* Form der Wohnorte, und *d)* Bauart der Häuser.
4. Einfluss des Bodenbaues auf Beschäftigungsart und Wohlstand der Bevölkerung. Jagd, Fischerei, Waldbau, Feldbau, Viehzucht, Bergbau, Industrie, Handel.
5. Einfluss des Bodenbaues auf den Verkehr, im Grossen und Kleinen, zu Land und zu Wasser.
6. Einfluss des Bodenbaues auf Kriegführung.
7. Einfluss des Bodenbaues auf Gesundheit und Lebensdauer.
8. Einfluss des Bodenbaues auf sociale Zustände, Nationalcharakter, geistige Entwickelung in Kunst, Wissenschaft und gemüthlicher Richtung.

Dass die Vertheilung und Qualität der Quellen sehr wesentlich von dem geologischen Bau der Gegenden abhänge wird Niemand bestreiten, während allerdings ihre Zahl oder ihr Wasserreichthum stets von der Summe der atmosphärischen Niederschläge abhängig ist. Wie gross aber der Einfluss der Quellen auf die Bewohnbarkeit und Gesundheit der Länder sei, das ist ebenfalls klar, ganz abgesehen von den sogenannten Heilquellen, die doch immer nur Ausnahmsfälle bilden.

Die Vertheilung der ungleichen Thier- und Pflanzenspecies ist allerdings ganz vorherrschend abhängig von klimatischen Verhältnissen, die Möglichkeit ihrer localen Existenz sowie ihr besonderes Gedeihen wird aber in zweiter Reihe auch durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt, der selbst abhängig ist von dem geologischen Bau. Es giebt nicht nur bodenständige Pflanzen und Thiere, sondern alle Pflanzen, besonders aber die vom Menschen cultivirten, bedürfen ausser der Luftnahrung eine mineralische aus dem Boden. Die landwirthschaftliche Mineraltheorie, welche durch von Liebig fest begründet wurde, lehrt, dass man dem Boden stets geben muss was ihm fehlt oder was man ihm entzog, um bestimmte

Pflanzen mit Erfolg anzubauen, und dass der ursprüngliche Vorrath an solchen Substanzen welche für die Ernährung der verschiedenen Pflanzen nöthig sind, sehr ungleich vertheilt ist in den verschiedenen Gesteinen. Ausführlich belehrt darüber Albert Fallou's Pedologie 1862.

Die zweckmässigste Art der Bodencultur ist daher einigermaassen abhängig von dem geologischen Bau; die Pflanzen aber bilden jedenfalls die erste Ernährungsquelle für den Menschen, wenn wir auch viele Nahrungsmittel erst aus zweiter Hand durch die Thiere entnehmen.

Wenn auch die Bewohnbarkeit der Länder für den Menschen in erster Instanz von ihren klimatischen Verhältnissen abhängig sein mag, so spielt doch nächst ihnen der Bodenbau, sowohl der äussere als der innere, in dieser Beziehung eine sehr wichtige Rolle, denn von ihm ist grösstentheils die locale Fruchtbarkeit der Oberfläche wie ihre Zugänglichkeit abhängig, und auch das Erdinnere bietet in ungleicher Vertheilung zahlreiche Elemente zur menschlichen Benutzung und weitern Bearbeitung dar. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass ein gleicher Flächenraum in den südrussischen Steppen selbst bei ganz gleichen klimatischen Verhältnissen nicht so viel Menschen zu ernähren vermöchte als im mittlern Deutschland oder in England. Aber nicht nur die Zahl der Bevölkerung, sondern auch die Art ihrer Ansiedelung muss — der Verschiedenheit des Bodenbaues entsprechend — nothwendig eine sehr verschiedene sein.

In noch weit specieller nachweisbarem Verbande als die Zahl der Bevölkerung überhaupt, steht mit dem geologischen Bau der Länder die Vertheilung der Wohnorte.

Die festen Ansiedelungen der Menschen, die Lage der Städte und Dörfer, ist in hohem Grade abhängig von der äussern und innern Beschaffenheit des Bodens. Schon der Nomade schlägt nicht ohne sorgliche Auswahl der Stelle sein luftiges Zelt auf; mit weit grösserer Sorgfalt aber haben überall die Menschen ihre dauernden Wohnplätze gewählt, wo sie nicht durch Uebereilung, Noth oder feindliches Entgegentreten an

unpassende gefesselt wurden. Schon bei dieser Auswahl spielt die äussere wie die innere Bodengestaltung eine wesentliche Rolle, theils unmittelbar, theils mittelbar, und wir können für Ansiedelung sowohl vorherrschend günstige als ungünstige Bodenzustände unterscheiden; noch wichtiger wird aber dieser Einfluss für die spätere Entwickelung, das Aufblühen der Wohnorte.

Günstig wirken: Ebenheit der Oberfläche, fester Grund, Raum zur Ausbreitung, Anwesenheit von Quellen oder fliessendem Wasser, Schutz gegen klimatische Uebel oder gegen lebende Feinde (feste Lage), Nachbarschaft von Baumaterialien (Stein, Lehm oder Holz), Nachbarschaft von Brennmaterialien (seien es über- oder unterirdische), Nachbarschaft von besondern natürlichen Erwerbsquellen aus dem Mineral-, Thier- oder Pflanzenreich, Nachbarschaft von nutzbarer Wasserkraft. Für die meisten dieser Motive localer Ansiedelung ist der innere Bau, die Natur und Lagerung der Gesteine von grossem Einfluss. Alle diese Zustände wirken in den beschränktesten Kreisen, sind selbst für die kleinsten Ansiedelungen relativ wünschenswerth, besitzen aber keine grosse Tragweite, begünstigen deshalb noch nicht die Entstehung grosser Städte. Für das Heranwachsen solcher sind vorzugsweise wichtig: Die Lage an Terrainabschnitten (Gebirgsrändern oder Meeresküsten), an schiffbaren Flüssen, — besonders an deren Verbindungen oder Mündungen in das Meer — an schützenden Häfen, in der Mitte weiter Becken; und endlich als von grösster Tragweite: die günstige Weltlage. Diese, für die Entstehung grosser Städte besonders einflussreichen Bodenzustände hängen verhältnissmässig weit weniger von dem speciellen innern Bau der Gegend ab, als jene für die kleinen und mittleren.

Die wichtigern dieser Bedingungen können die unwichtigern ersetzen, sogar ungünstige aufheben, da menschlicher Scharfsinn die Ungunst der Natur in gewissem Grade zu besiegen vermag.

Ungünstig für Ansiedelung wirken: Grosse Unebenheit des Bodens, nachgiebiger oder sumpfiger Grund, Mangel an

Raum, Mangel an Wasser, zu grosse Höhe, gänzlicher Mangel an Baumaterial, grosse Unfruchtbarkeit, Schwierigkeit des Verkehrs. Aber es können, wie gesagt, diese positiv ungünstigen Zustände theilweise durch Kunst besiegt werden; sie bieten darum meist keine absoluten Hindernisse dar.

Wenn wir bedenken, dass alle Ansiedelungen das natürliche Bestreben möglichst gleichförmiger Vertheilung über die gegebene Oberfläche haben, so werden wir bei genauer Untersuchung finden, dass fast jede Abweichung von diesem ersten und natürlichsten Grundgesetz durch die Vertheilung solcher Bedingungen veranlasst ist, denn nur ganz ausnahmsweise haben auch besondere Laune, sociale, religiöse oder politische Zufälligkeiten dauernde Ansiedelungen ins Leben gerufen, ohne irgendeine natürliche Bedingung zu berücksichtigen.

J. G. Kohl hat in seinem, zu wenig beachteten Werke: „Ueber den Verkehr" die Gesetze der Ansiedelung wie der Bewegung so gründlich untersucht, dass über ihre Beziehung zu den äussern Formen des Erdkörpers kaum noch etwas zu sagen übrig bleibt. Aber seine Arbeit bezieht sich lediglich auf die Oberflächenformen, nicht auf den inneren Bau, während doch dieser nicht nur jene bedingt, sondern auch unmittelbar als anziehend oder abstossend wirkende Ursache eingreift.

In meinem Buch habe ich ferner nachgewiesen, dass auch die Form der Wohnorte — ob geschlossen, langgedehnt oder zerstreut — und die Bauart der Häuser einigermaassen abhängig sind vom geologischen Bau.

Ludwig Pfau sagt in letzterer Beziehung: „Die Bauentwickelung in der Verschiedenheit ihrer Bildungen beruht natürlich auf der Verschiedenheit der Culturentwickelung, die sich in den Bauwerken wiederspiegelt. Wenn aber schon die eigenthümliche Cultur eines Volkes von klimatischen Bedingungen abhängig ist, so wirken diese auch unmittelbar auf die Baukunst ein, welche unwillkürlich der umgebenden Erdbildung sich anpasst, bedachtsam den herrschenden Witterungsverhältnissen sich unterordnet, und welche überdies in dem gegebenen Material einen formenbestimmenden Factor findet".

Die ersten Beschäftigungen der Menschen waren Jagd und Viehzucht; diese sind am wenigsten positiv abhängig vom inneren Bodenbau; sie sind in cultivirten Ländern als vorherrschend nur da übrig geblieben, wo Feldbau und Industrie unmöglich, oder wenigsteus nicht begünstigt sind — in hohen Gebirgsgegenden und in steppenartigen Niederungen. Feldbau und Industrie drängen jene iu immer engere Grenzen zurück, wo sie nur können. Aehnlich verhält es sich mit dem Waldbau, nur mit dem Unterschied, dass dieser in gewissem Grade unersetzbare Producte erzeugt und allgemein wohlthätige Einflüsse ausübt, deshalb in keinem wohlorganisirten Lande ganz entbehrlich ist, sondern nur einen stets wissenschaftlichern Charakter annimmt, um auf kleinen Flächenräumen möglichst grosse Resultate zu erzielen.

Nach Jagd, Viehzucht und Waldbau ist der Feldbau am mindesten, aber doch schon etwas mehr als diese, abhängig vom Bodenbau. Er dehnt seine Herrschaft in Deutschland von den Küsten des Meeres bis zu Höhen von circa 4000 Fuss aus, wird deshalb vom vorhandenen Niveau nur selten überragt und verhindert. Ausser dem Niveau hängt aber seine Existenz noch von der Form der Oberfläche und von der Natur des Bodens ab; beide können ihn durch zu grosse Unebenheit und Unfruchtbarkeit fast unmöglich, wenigstens unrentabel machen.

Am meisten abhängig von der Natur des Bodens ist der Bergbau, mit Allem was ihm im weitesten Sinne zugerechnet werden kann, als z. B. Steinbrüche, Lehm- und Sandgruben u. s. w. Er kann begreiflicherweise nur da betrieben werden, wo sich nutzbares Material für ihn darbietet, seien es nun Erze, Kohlen, Salzlager oder andere nutzbare Gesteine. Dass er aber in solchem Falle oft ein sehr wesentliches Element für die Existenz der Bevölkerung darbietet, lehren in Deutschland z. B. der Harz, das Erzgebirge nnd alle Steinkohlengebiete.

Einer nähern Auseinandersetzung bedarf das nicht. — Wo nun der Boden mittelbar oder unmittelbar vorzugsweise viel Stoff zur weitern Verarbeitung darbot, da ward durch ihn eine

erste Veranlassung zur Abweichung von der einfachsten, der der Thiere ähnelnden Lebensweise der Menschen dargeboten, und mit ihr der Beginn einer höhern Culturentwickelung. Kein Wunder ist es daher, dass diese nicht von den einförmigen Ebenen ausging, sondern vorzugsweise von den äusserlich und innerlich complicirt gebauten Ländern, wie Kleinasien, Griechenland, Italien und Westeuropa ganz im Allgemeinen.

Die nicht bergmännische, oder nicht unmittelbar mit dem Bergbau in Verbindung stehende Industrie könnte für den ersten Anblick sehr unabhängig vom Bodenbau erscheinen, in Wirklichkeit ist sie es aber durchaus nicht. Vor Allem finden wir sie am häufigsten in Gebirgsgegenden, theils weil hier Raum und Zeit übrig bleiben, die in den fruchtbaren Ebenen beide vorherrschend vom Feldbau in Anspruch genommen werden, theils wohl auch, weil das Gefälle des fliessenden Wassers vielfach eine nutzbare und billige Kraft darbietet. Noch specieller wird aber die Industrie oft unmittelbar vom Bodenbau angeregt und befördert durch gewisse nutzbare Lagerstätten, deren weitere Bearbeitung sie übernimmt, als da sind: Material für Thonwaaren, Glasfabriken, Eisenwerke, Steinschleifereien, Paraffin- und Photogen-Fabriken, Brennmaterial für Dampfmaschinen oder Heizvorrichtungen im Allgemeinen. Auch der Bergbau fördert unverkennbar, wenn auch indirect, durch sein ganzes Wesen die allgemeine industrielle Thätigkeit der Bevölkerung. Auf diese Weise entstehen und gedeihen örtlich gewisse Industriezweige, welche ich aus diesem Grunde **bodenständige** nenne.

Es würde freilich wohl ganz vergeblich sein, wenn man specielle geologische Ursachen dafür aufsuchen wollte, warum im Erzgebirge vorzugsweise viel Spitzen geklöppelt und Strümpfe gewirkt werden, während man in der Oberlausitz Damast, im Teutoburger Walde Leinwand webt, und im Schwarzwald wie im Jura Uhren verfertigt u. s. w. Fasst man aber diese und ähnliche Beschäftigungen als **nicht speciell** bodenständige Handindustrie zusammen, so ist es doch leicht zu begreifen, weshalb sie sich überhaupt vorzugsweise in

Gebirgsgegenden entwickelt haben. Ihnen gegenüber stehen speciell bedingte Industriezweige, so alle die welche viel Kohlen als Brennmaterial bedürfen, und die welche Eisen, Thon oder dergleichen verarbeiten. Das sind oft ganz eigentlich und speciell bodenständige, während man von jenen, leichte Waaren liefernden Handarbeiten nur sagen kann, sie gedeihen in ihrer Gesammtheit am besten in Gebirgsgegenden, wo Grund und Boden zu Wohnplätzen und gewöhnlich noch manches Andere billig zu haben ist, während dergleichen Fabrikate wegen ihrer, im Verhältniss zum Werth geringen Schwere den Transport nicht sehr zu scheuen brauchen.

So lassen sich also speciell bodenständige, d. h. von der besondern Natur der Gesteine abhängige, und solche Industriezweige unterscheiden, welche nur in ihrer Gesammtheit, ohne specielle Auswahl, vom allgemeinen geologischen Bau abhängig sind. Das Gedeihen der letztern hängt oft nur von den Formen der Oberfläche und von den Fruchtbarkeits-Verhältnissen ab. Unterscheiden wir daher allgemein und speciell bodenständige Industrie.

Es ist keineswegs blos die Erhebung und äussere Form welche diesen industrieweckenden Einfluss der Gebirge bedingt, sondern fast noch mehr ihr innerer Bau, die Mannigfaltigkeit, der Reichthum theilweise nutzbarer, nebeneinander vorkommender Gesteine. Recht deutlich zeigt sich das, wenn wir ganz im Allgemeinen das Leben auf den petrographisch mannigfach zusammengesetzten grössern Gebieten der krystallinischen Gesteine, wie im Erzgebirge, Thüringer Wald und Schwarzwald, auf stark aufgerichteten und ungleich zusammengesetzten Sedimentärgebieten wie die Weserketten, oder auf Kohlenlager enthaltenden Schichten wie im Ruhrthal, im erzgebirgischen oder im Saar-Becken, vergleichen mit dem auf einförmigen, wenn auch ebenso hohen Kalksteinplateaus, wie die schwäbische Alp oder das Eichsfeld, ja selbst auf dem vielfach zerrissenen Gebiet der Kalkalpen. Bei solcher Vergleichung zeigt sich in grossen Zügen die entschiedenste Ungleichheit.

Diese verschiedenartigen, die Industrie begünstigenden und

hemmenden Einflüsse des Bodenbaues durchkreuzen, stützen oder hindern sich aber gegenseitig, und dazu kommt noch als wesentlich die Verkehrslage, sowie der vielleicht auf ganz anderem Boden, oder wenigstens unter nicht mehr bestehenden Umständen, entwickelte Nationalcharakter. Alle diese Verhältnisse dürfen nicht übersehen werden, wenn es sich um Abwägung des Bodeneinflusses im concreten Falle handelt.

Unter den mittelbaren Einwirkungen des inneren Bodenbaues spielt die Oberflächengestaltung eine sehr hervorragende Rolle, und es sei mir daher gestattet, über die Beziehungen zwischen dem inneren und äusseren Bau hier noch einige allgemeine Bemerkungen anzufügen. Ich dränge dieselben in folgende Sätze zusammen:

Die vulkanische Thätigkeit hat von jeher mehr oder weniger locale Erhebungen oder Senkungen veranlasst, und durch Ueberfliessen von Lava oder Aufschütten von Auswurfsproducten specielle Erhöhungen hervorgebracht.

Das Wasser hat stets abgeschwemmt und abgelagert.

Der Widerstand welchen die vorhandene feste Erdkruste diesen Aenderungen entgegensetzte, war local ungleich.

Allerdings haben auch die Luft und das organische Leben stets einigen Einfluss auf die äussern Formen der Erdoberfläche geübt; er ist aber im Vergleich zu den oben genannten so gering, dass wir ihn hier billig unberücksichtigt lassen können.

Die vulkanische Thätigkeit und das Wasser wirken beide sowohl zerstörend als neu bildend. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass die vulkanische Thätigkeit, sowohl durch ihre Zerstörungen als durch ihre Neubildungen, Unebenheiten hervorruft, während das Wasser alle Erhöhungen nach und nach zerstörend angreift, die losgerissenen Theile aber in Vertiefungen — diese nivellirend — ablagert, und nur speciell Rinnsale oder Thäler einschneidet.

Im Allgemeinen wirkt daher das Wasser nivellirend, die vulkanische Thätigkeit ändernd auf das vorhandene Niveau. Aehnlich aber scheint es zu allen Zeiten gewesen zu sein, seitdem die Erde eine feste Kruste und eine Wasserhülle

besass. Diese entgegengesetzten Wirkungen halten sich gegenseitig ungefähr im Gleichgewicht, d. h. wenn nur die eine von beiden vorhanden wäre, so würde das endliche Resultat ein Extrem sein. Die vulkanische Thätigkeit für sich allein würde eine äusserst unebene und zerrissene Oberfläche — etwa wie auf dem Monde — hervorbringen, das Wasser für sich allein eine höchst ebene und gleichförmige.

Eine Aufgabe ist es nun ferner, zu untersuchen, wie diese beiden activen Ursachen durch die passive Wirkung des ungleichförmigen Widerstandes der bereits vorhandenen Massen vielfach modificirt worden sind, und in welcher Art daher die äussern Oberflächenformen speciell von dem innern Bau abhängig sind oder wenigstens damit in Verbindung stehen. Von praktischer Wichtigkeit ist diese Untersuchung namentlich insofern, als sie rückwärts zu mancherlei Schlüssen aus der äussern Form auf den innern Bau befähigt. Die Erhebungen und Senkungen welche durch vulkanische Thätigkeit hervorgebracht werden, sind theils allgemeine, continentale, theils locale, wie die Gebirgserhebungen und die Senkungen von kleinen Seegebieten.

Für die continentalen Erhebungen und Senkungen lässt sich zur Zeit noch keinerlei bestimmter Zusammenhang mit dem inneren Felsbau nachweisen. Sie erscheinen noch lediglich als eine Folge wenig erkannter Schwankungen in dem Zustande des flüssigen Erdinnern ohne nachweisbare Beziehung zu der besondern Natur der starren Kruste. Dagegen finden wir die localen Erhebungen, die Hebungen der Gebirgsketten, zuweilen begleitet von dem Emporpressen eruptiver Gesteine, und wenn diese auch nicht die Oberfläche wirklich erreicht haben, so zeigt sich doch oft eine so auffallende Störung in den ursprünglichen Lagerungsverhältnissen der zu Gebirgen erhobenen sedimentären Gesteine, dass man schon daraus auf das, wenn auch unterirdisch gebliebene Empordrängen des flüssigen Erdinnern zu schliessen berechtigt ist. Möglich bleibt es dabei, dass Gebirgsketten nur durch den gewaltsamen Seitendruck der in einiger Entfernung davon

emporgeschobenen Massen gebildet wurden, durch eine starke Faltung, Knickung oder Aufrichtung der ursprünglich horizontalen Schichten, — so z. B. die Hügelketten welche mit paralleler Aufrichtung das Thüringer Becken durchziehen, und den Harz nördlich begleiten.

Die überwiegend grosse Mehrzahl der Gebirge zeigt aber jedenfalls eine deutliche Uebereinstimmung und Wechselbeziehung zwischen äusserer Form und innerem Bau. Man würde aus letzterem ihre einstige Anwesenheit auch dann noch erkennen können, wenn ihr hervorragender Theil gänzlich zerstört oder von neueren Ablagerungen eingehüllt, aber durch irgend einen Umstand beobachtbar wäre.

Wenn für die überhaupt selteneren localen Senkungen — sei es durch vulkanische Thätigkeit oder in Folge innerer Ausspülung, — wie sie etwa bei manchen Binnenseegebieten (wie dem des Todten Meeres) vorgekommen sein mögen — ein solcher Zusammenhang von Form und Bau noch nicht nachgewiesen ist, so liegt das wohl sehr natürlich an folgenden drei Umständen: erstens sind sie überhaupt viel seltener als die Gebirge; zweitens ist der innere Bau einer gesenkten Region natürlich weit schwerer zu ermitteln als der einer als Gebirge hervorragenden, und drittens lässt sich a priori vermuthen, dass die Ursachen solcher Senkungen mehr passiver als activer Art sind, wenn nicht in Ausspülung, doch mehr in einem Zurückweichen als in einem Empordrängen der flüssigen Innenmasse bestehen.

Für uns haben jedenfalls die Gebirge eine weit wichtigere Bedeutung als jene seltenen localen Senkungen der Oberfläche. Nur ganz allgemein haben wir zu beachten, dass ebensowohl die Vertiefungen als die Erhöhungen positiver Entstehung sein können, und dass umgekehrt auch manche Erhöhungen blosse Folgen von Zerstörungen neben ihnen sind, — wie denn auch viele Vertiefungen davon herrühren, dass ihre Stelle nicht mit erhoben wurde — andere aber von Auswaschungen.

Wir wollen uns indessen mehr mit der Regel als mit den Ausnahmen beschäftigen, und jene ist: die Continente und die

Gebirge entstanden durch continentale und locale Erhebungen; die Meeres- und Seebecken durch Zurückbleiben oder Senkung; die Einzelberge (in Ebenen) durch Ueberfliessen oder Aufschüttungen, selten durch locales Stehenbleiben im Uebrigen zerstörter Ablagerungen; die Thäler durch Zerspaltung, und am meisten durch Auswaschung.

Je nachdem bei einer localen Erhebung nur die vorhandenen Schichten gefaltet, aufgerichtet und in ein relativ höheres Niveau gerückt, oder zugleich flüssige Gesteinsmassen an die Oberfläche gepresst wurden, an der sie erstarrten, — je nachdem unterscheidet sich die allgemeine Natur der Gebirge.

Ihre besondere Form und Höhe ist ferner abhängig davon, ob die Erhebung in linearer Ausdehnung oder central um einen Hauptmittelpunkt erfolgte. Danach unterscheiden sich Kettengebirge und Massengebirge. Ferner ob sie einseitig, d. h. auf einer Seite einer Spalte, zu beiden Seiten einer Spalte, oder zwischen zwei Hauptspalten stattfand. Danach unterscheidet sich Gebirge mit einseitigem Steilabhang, wie das Erzgebirge; Gebirge mit gleichen Abhängen und oft mit mittlern Längenthälern, wie die Alpen und der Jura; Gebirge mit einer Hochfläche zwischen zwei steilen Abhängen, wie der Harz.

Aber die ursprüngliche Form der Gebirge, d. h. die welche sie unmittelbar durch ihre Erhebungsweise erhielten, hat sich nie lange erhalten. Ein grosser Theil ihrer ursprünglichen Oberfläche ist stets zerstört und abgeschwemmt worden, und je nach dem Grade dieser Abschwemmungen, der grossentheils von der Dauer ihres Bestehens abhängt, lassen sich, wie ich 1851 in einer kleinen Schrift über den „Bau der Gebirge“ gezeigt habe, Gebirge von ungleich tiefem Querschnitt unterscheiden. Je länger oder je energischer die oberflächliche Zerstörung eingewirkt hat, um so tiefere, innerlichere Regionen und um so plutonischere Gesteine sind dadurch nothwendig an die jetzige Oberfläche gebracht. Im flüssigen Zustande emporgedrängte (eruptive) Gesteinsmassen, welche bei ihrer Bildung die Oberfläche nicht erreichten, sind dadurch in ihrem

plutonischen Theil zum Vorschein gekommen, und Gebirge welche, wie fast die Mehrzahl, ursprünglich äusserlich nur aus erhobenen, nicht aus flüssig emporgepressten Gesteinen bestanden, zeigen in diesem Falle dennoch mächtige granitische Kerne.

Das ist ein Hauptgrund, warum in den meisten Gebirgen plutonische Eruptivgesteine an der Oberfläche erscheinen, deren Empordrängung nur in einzelnen Fällen die Ursache der Erhebung gewesen ist, und die keineswegs allemal mit einem vulkanischen Theil wirklich die ursprüngliche Oberfläche erreichten.

Da die jetzt vorhandenen Gebirge in sehr ungleichen Zeiträumen erhoben sind, so ist es ganz natürlich, dass man die verschiedenartigsten Stadien dieser Zerstörung räumlich nebeneinander findet; alle Zwischenstufen von jenen, deren ursprünglich innere Kernmasse durch Zerstörung freigelegt ist, bis zu denen, die noch beinahe mit ihrer ersten Oberfläche erhalten sind.

Die letzteren bestehen entweder nur aus erhobenen, während der Erhebung schon festen Erdkrustentheilen, oder fast nur aus übergeflossenen vulkanischen Eruptivgesteinen, die sich über den Ausflussstellen zu Kegelbergen anhäuften, zu Plateaus ausbreiteten, oder als Lavaströme abflossen. Einigen Antheil an ihrer Bildung nehmen sogar die, im zerstückten Zustande aus Krateröffnungen ausgeschleuderten und um dieselben herum angehäuften Massen. Beide Entstehungsarten sind indessen zuweilen mit einander verbunden. Neben den erhobenen Massen treten auch ausgeflossene auf, und in Gebirgen die vorherrschend aus übergeflossenen Eruptivgesteinen bestehen, finden sich manchmal zugleich auch erhobene Massen.

Als typisch für jene älteren, bis zu grosser Tiefe unter die ursprüngliche Oberfläche zerstörten Gebirge nenne ich das Riesengebirge, das Erzgebirge, das Oberlausitzer Granitgebirge, den Odenwald.

Für die beiden Hauptgattungen der Gebirge mit weniger abgeschwemmter Oberfläche erinnere ich dagegen an den Jura,

die Weserketten und den Teutoburger Wald, — in denen nur aufgerichtete Schichtgesteine, gar keine Eruptivmassen gefunden werden — und an das böhmische Mittelgebirge, welches in der Hauptsache aus lauter einzelnen Basalt- und Phonolithkegeln zusammengesetzt ist, zwischen denen die vor ihrer Entstehung vorhandenen Erdkrustentheile verhältnissmässig nur geringe oder gar keine Störungen der Lagerung wahrnehmen lassen.

In diesen Fällen verschiedenartiger Gebirgsbildung bleibt es aber ein gemeinsamer Charakter aller, durch locale Erhebung entstandener Gebirge, dass in ihnen eine grössere Mannigfaltigkeit von Gesteinen in mannigfaltigerer Lagerungsweise zu Tage tritt als in den ebeneren Gegenden, und dieser Umstand ist offenbar von bedeutendem Einfluss auf ihre Bewohnbarkeit. Die Schwierigkeiten welche sie naturgemäss dem Verkehr entgegenstellen, und das häufig Ungünstige ihrer klimatischen Verhältnisse werden dadurch in hohem Grade ausgeglichen. Zu der grössern Mannigfaltigkeit überhaupt kommt aber noch, als ebenfalls beachtenswerth, dass gewisse Classen von Gesteinen ganz vorzugsweise in ihnen gefunden werden, darunter namentlich die krystallinischen Schiefer- und Massengesteine, sowie die Erzgänge. Ueberhaupt aber pflegt die Mannigfaltigkeit der Gesteine in ihnen grösser zu sein. Die dem Völkerleben günstige Natur Deutschlands beruht in der That zum grossen Theile auf den vielfachen localen Erhebungen, welche in diesem Lande Gebirge hervorgebracht haben.

Der Einfluss welchen die verschiedenen Gesteine aus denen die feste Erdkruste besteht, auf die Formen der Oberfläche ausüben, ist, wie wir sehen, theils durch die Art ihrer Entstehung, theils durch den Widerstand bedingt, welchen sie der localen Erhebung, sowie der Verwitterung und Abschwemmung entgegensetzen.

Der auffallendste und allgemeinste Unterschied findet zunächst zwischen den eruptiven und sedimentären Gesteinen statt. Alle eruptiven Gesteine, sowohl die vulkanischen — an der Oberfläche erstarrten — als die plutonischen, — in der Tiefe festgewordenen — haben nicht nur durch ihr eigenes Empor-

drängen und Ueberfliessen, durch die besondere Gestalt ihrer Ausdehnung, und durch den grösseren Widerstand den sie gewöhnlich der Abschwemmung durch Wasser entgegenstellten, sondern zuweilen, wenn auch seltener, durch Hebung, Biegung und Verschiebung der vor ihnen bereits vorhandenen Gesteine Unebenheiten hervorgebracht. Sie treten deshalb vorzugsweise in Gebirgsgegenden hervor, oder sie bilden selbst Berge, die durch sie bedingt wurden, während dagegen alle sedimentären Gesteine durch die Art ihrer Entstehung vorhandene Unebenheiten der Erdoberfläche ausglichen und auf ein gleichmässiges Niveau hinwirkten. Sie finden sich deshalb sehr oft in flachen oder fast ebenen Gegenden, und nehmen nur da Theil an der Structur eigentlicher Gebirge, wo sie durch spätere Erhebungen aus ihrer ursprünglichen Lagerung gebracht sind. Thäler hat allerdings das Wasser auch in sie eingeschnitten, und bei ausgedehnten Abschwemmungen selbst einzelne Höhen oder Berge übriggelassen, ohne dass damit Störungen ihrer ursprünglichen Lagerung nothwendig verbunden wären; aber eigentliche Gebirgsgegenden bilden sie, wie gesagt, nicht ohne den unmittelbar sichtbaren, oder wenigstens erschliessbaren Einfluss erhebender vulkanischer Thätigkeit, möge diese nun mit dem localen Emportreten von Eruptivgesteinen verbunden gewesen sein, oder nicht. Das letztere ist sogar der gewöhnlichere Fall.

Dies ist sonach ein allgemeiner Unterschied zwischen eruptiven und sedimentären Gesteinen, und zu letzteren können wir in dieser Beziehung auch alle metamorphischen rechnen, obwohl, wie es leicht begreiflich ist, diese vorzugsweise nur da an die Oberfläche hervortreten, wo grosse Störungen des ursprünglichen Zustandes, starke Erhebungen und Abschwemmungen stattgefunden haben, — folglich in Gebirgsgegenden, und gewöhnlich in der Nachbarschaft von Eruptivgesteinen, weil deren Umwandlung stets in grosser Tiefe stattgefunden hat, sie also auch nur durch Erhebung sichtbar werden konnten.

Der Verkehr gleicht in gewissem Grade einer Flüssigkeit, welche sich nach hydraulischen Gesetzen bewegt. Er senkt sich überall von den Höhen in die Tiefen herab, umgeht die höchsten Spitzen, überschreitet Gebirge an ihren tiefsten Einsenkungen, strömt in bestimmten, theils vorgefundenen, theils selbst geschaffenen Betten, und sammelt sich in den grossen Becken der Länder. Seine Quellen aber entspringen meist aus dem Boden.

Die wichtigsten Unterschiede der Bodengestaltung für die räumliche Bewegung der Menschen und ihrer materiellen Güter sind: Wasser, ebenes Land und Gebirge. Ihre gegenseitigen Grenzen sind stets ausgezeichnet durch eine vermehrte Friction des Verkehrs, die man seine Brandung oder Stauung nennen könnte. Er hat stets einige Schwierigkeiten zu überwinden bei der Ueberschreitung solcher Grenzen; dadurch schafft er die vorzugsweise Belebung der Küsten und Ufer, den Kranz kleiner Städte, von denen plötzlich aufsteigende Gebirge an ihrem Fuss umgeben zu sein pflegen, wie der Harz.

Die grossen wie die kleinen Unterschiede der Bodenform sind um so einflussreicher, je langsamer, je weniger energisch, aber dabei je dauernder die Bewegungen des Verkehrs sind. Doch selbst der Krieg, Feldzüge und Schlachten — als äusserste Mittel der Politik — sind trotz ihrer rücksichtslosen Energie noch abhängig vom Boden, und bewegen sich vorzugsweise in natürlichen Betten, wie schon ein flüchtiger Blick auf von Rothenberg's deutsche Schlachtenkarte beweist. Nur ein grosses Kriegsgenie wagt es zuweilen, die natürlichen Betten zu durchbrechen. Aber auch ein Napoleon wird sie nie ohne Noth überschreiten, und es würde das sicherste Zeichen mangelnden Genies sein, wenn ein Heerführer seine Grösse etwa dadurch beweisen wollte.

Das Alles sind bekannte Dinge, die nur in Erinnerung gebracht zu werden brauchen. Weniger ist es aber bisher beachtet worden, dass die äusseren Formen der Erdoberfläche grösstentheils nur Folgen des inneren Baues sind, der somit ebenfalls in die Reihe der wirkenden Ursachen eintritt, theils

nur indirect durch die äusseren Formen, theils aber direct durch die Qualität der Gesteinsmassen.

Der Lauf der Flüsse, dieser natürlichsten Verkehrsadern, und noch mehr die Art ihres Gefälles — Stromschnellen, Katarakte, Ausbreitungen, Verengungen und Inselbildungen — sind grösstentheils Folgen der inneren Architektur der Länder. Der Rheinfall bei Schaffhausen wird durch eine feste Jurakalkmasse bedingt, wie der Niagarafall durch eine Grauwackenkalkplatte. Die Fährlichkeiten des Bingerlochs entsprangen aus dem Hervortreten der vergleichsweise festeren quarzigen Taunusschiefer, die seichten und felsigen Stromschnellen der Elbe zwischen Lobositz und Pirna werden durch Basalt, Phonolith oder besonders feste Sandsteinschichten bedingt. Die Zahl solcher Beispiele liesse sich leicht sehr vervielfältigen.

Aber nicht nur für die natürlichen Wasserwege, auch für Canäle, Eisenbahnen und gewöhnliche Strassen ist der innere Bau, die ungleiche Festigkeit der Gesteine, von grosser Bedeutung; theils dadurch dass die weicheren Felsarten ursprünglich tiefere Einschnitte, leichtere Gebirgsübergänge darbieten als die festeren, theils dadurch dass sie mit weniger Schwierigkeit zu durchbrechen sind. Die specielle Betrachtung Deutschlands hat auch in dieser Beziehung viele einzelne Beispiele vorgeführt, auf die ich hier nur allgemeinbin verweisen will. Bei Beurtheilung der Verkehrsbahnen ist indessen stets zu beachten, dass sie nicht selbst Zweck, sondern nur Mittel sind. Ihre Richtung wird deshalb mehr durch die End- oder Zielpunkte als durch die Natur des durchschnitteneu Raumes bestimmt; diese kann stets nur verhältnissmässig kleine Krümmungen oder Modificationen bedingen.

Unmittelbar wirkt der geologische Bau auf den Verkehr nur ausnahmsweise durch besondere Schwierigkeiten, die er z. B. dem Strassenbau entgegenstellt, so in einigen Niederungen in denen es gänzlich an Steinen fehlt, wie in den Pussten Ungarns. Eisenbahnen überwinden diese Schwierigkeiten leichter als gewöhnliche Strassen. Weit grösser und allgemeiner ist der mittelbare Einfluss durch die Form der Oberfläche,

Wasserverbindungen, Lage und locale Begünstigung der Industrie.

Wo eruptive Gesteine emporgedrungen, Gebirge erhoben, oder auch nur Schichten stark aufgerichtet sind, da bilden diese fast stets Schwierigkeiten für den Verkehr. Solche können sich steigern bis zur beinahe völligen Unwegsamkeit. Die Bewohner mancher Thäler der Alpen sind durch solche Schwierigkeiten noch heute ausserordentlich abgeschlossen von allem Verkehr mit ihren Nachbarn, und ganz unverkennbar ist die daraus hervorgegangene historische Isolirung ihrer gesammten Entwickelung.

Vergleichen wir irgend eine Eisenbahnkarte Deutschlands mit einer geologisch colorirten, so ergiebt sich sehr bald, dass diese vollkommensten aller Verkehrsbahnen sich vorzugsweise auf nicht eruptivem Boden bewegen, den sie freilich leichter vermeiden konnten als die gewöhnlichen, überall nöthigen Wege. Wo sie dennoch genöthigt waren, ihn zu überschreiten, da stiessen sie meist auch auf besondere Schwierigkeiten, — so bei Waldheim und Priestewitz in Sachsen, zwischen Tetschen und Lohositz in Böhmen u. s. w. Auch die Thüringer Bahn fand in allen Erhebungslinien des Thüringer Beckens kleine Hindernisse.

Aber nicht nur der Verkehr zu Lande ist abhängig von gewissen geologischen Vorgängen früher Vorzeit und von der Beschaffenheit mancher Gesteine, es dehnt sich dieser Einfluss selbst auf den Verkehr zu Wasser aus. Die allgemeine Richtung der Flussläufe, die Stärke ihrer Windungen, die Natur ihres Bettes, die Schnelligkeit ihres Laufes, ihre Katarakten, Stromschnellen und Sandbänke sind, wie gesagt, Folgen geologischer Ursachen, und tragen häufig in geologisch ähnlichen Gebieten auch einen ganz ähnlichen Charakter an sich — so die starken Windungen aller, in Thonschiefer- und Grauwackenplateaus eingeschnittenen Flussläufe, die Katarakten beim Uebergang über vorzugsweise feste Gesteinslagen u. s. w. Ebenso ist die Form und Beschaffenheit der Meeresküsten, die Tiefe des Wassers, die Anwesenheit oder Abwesenheit von Klippen

und Riffen, wesentlich abhängig von der Natur und Stellung der Gesteine welche die Küste und den Meeresboden bilden. Diese Dinge kennt Jedermann, und es kam hier wieder nur darauf an, sie ins Gedächtniss zu rufen.

Dass es vorzugsweise gesunde und ungesunde Gegenden giebt, ist allgemein bekannt. Eine Hauptursache für diese Verschiedenheit bilden allerdings die klimatischen Verhältnisse, doch auch die Natur des Bodens übt darauf mehr oder weniger mittelbare oder unmittelbare Einflüsse durch die Oberflächenformen, durch die ungleiche Wärmecapacität der Gesteine, durch die Häufigkeit und Beschaffenheit der Quellen und stagnirenden Wässer, durch die Art des Baugrundes und der Baumaterialien, und selbst durch manche gasförmige Exhalationen, — vielleicht sogar durch die Stoffe welche von den Nährpflanzen aufgenommen werden, und durch den Staub welcher aus der mechanischen Zerstörung oder chemischen Zersetzung mancher Gesteine hervorgeht. Wie ausserordentlich einflussreich die Natur des Bodens, insbesondere die Vertheilung des Grundwassers in demselben, für den Gesundheitszustand der Wohnorte sei, hat sich namentlich durch Pettenkofer's wichtige Untersuchungen über die Verbreitung der Cholera recht deutlich herausgestellt.

Am schwierigsten ist es natürlich, die Wirkungen des Bodens auf die Natur des Menschen in irgend einer Richtung speciell zu zeigen. Wo so vielerlei Einflüsse im wechselnden Spiel ein Product erzeugten, da ist es kaum noch möglich die einzelnen zu sondern. Wir vermögen nur ganz allgemein zu behaupten, dass der heutige Mensch mit allen seinen Eigenschaften das endliche Product aller der physischen und geistigen Eindrücke sei, durch welche die ihn umgebende Aussenwelt auf ihn und seine Voreltern von Anbeginn an eingewirkt hat. Die immer höhere Entwickelung des Menschengeschlechts ist eine allgemeine, aber die besondere Stufe und Art derselben ist eine locale. Welchem anderen Umstande können wir die Unterschiede der Völkerstämme (die Nationalverschiedenheiten), die grossen Ungleichheiten ihrer physischen

wie geistigen Entwickelung zuschreiben, als der physischen Ungleichheit der Länder?

Kein Unbefangener wird verkennen, dass die Natur jedes Landes, sei es nun die äussere oder die innere, einen bestimmenden Einfluss auf den Nationalcharakter der Menschen habe die es bewohnen. Nur über die Grösse dieses Einflusses können die Ansichten verschieden sein. Ich meines Theils halte dafür, dass der Boden, d. h. seine äussere und innere Natur, in Verbindung mit der Lage des Landes, die wichtigste Grundursache aller nationalen Verschiedenheiten bildet. Abstammung, — die immer wieder auf einen gewissen Boden zurückführt — Nachbarschaft und ähnliche historische Elemente sind in meinen Augen nur Nebenursachen, die unter Umständen temporär vorherrschend sein können, in sehr langer Zeit aber mehr und mehr dem constanten Einfluss der Natur des Landes unterliegen. Dieselbe Ansicht hat im Grunde schon Karl Ritter, wenn auch nicht mit solcher Bestimmtheit, wiederholt ausgesprochen.

Es ist ganz der Gesammtnatur und selbst dem geologischen Bau dieser Erdtheile entsprechend, dass die Bewohner Europa's höher entwickelt sind als die Asiens, und diese höher als die Afrika's. Auf ähnliche Ursachen weisen im Grunde alle nationalen Verschiedenheiten hin, nur dass sie nicht überall so deutlich hervortreten, weil die Völker theils ihre Wohnplätze gewechselt haben, theils in vielfachen ausgleichenden Verkehr mit einander getreten sind. Wir finden mit gewissen Modificationen noch jetzt räumlich neben einander, was bei den entwickeltsten Völkerstämmen historisch hinter einander liegt. Die Ungunst des Landes und seiner Lage hat den Neuholländer in der ersten Kindheit der Entwickelung zurückgehalten, während innerer Bau und Lage desselben den Europäer die höchste Stufe der Civilisation erklimmen liess. Der Neuseeländer, auf weit günstigerem Boden, war trotz seiner noch isolirteren Lage ungleich weiter vorgeschritten als der Neuholländer. Wenn aber auch Specielles sich in diesem Falle nicht nachweisen lässt, so müssen wir doch jedenfalls die Natur

Google

des Landes als eine Hauptursache nationaler Verschiedenheit betrachten. In der Natur des Landes ist aber, neben Lage und Klima, der Bau des Bodens eine wesentliche Ursache der Ungleichheit.

Jede Schwierigkeit welche der Bodenbau dem Leben darbietet, regt an zu ihrer Besiegung, jeder Vortheil zu seiner Ausnutzung, — das Alles übt und stärkt den Geist. Je mannigfaltiger diese Hemmnisse und andererseits die nutzbaren Bodenquellen sind, um so mannigfaltiger ist die geistige Anregung. Sie sind aber vorzugsweise mannigfaltig in den geologisch complicirt gebauten Gegenden. Einförmige Ebenen bieten wenig Stoff für geistige Anregung, und wirklich finden wir unter übrigens gleichen Umständen durchschnittlich eine höhere geistige Entwickelung in den geologisch mannigfaltigen als in geologisch einförmigen Gegenden. Dieser Satz liesse sich leicht durch zahlreiche Beispiele bestätigen.

Sehr hohe Gebirge schlagen dagegen wieder leicht in ein Extrem um, und nähern sich in ihren Wirkungen den Ebenen oder den sterilen Küstenländern. Das ist selbst rücksichtlich der Flora und Fauna in gewissem Grade der Fall, aber mehr noch rücksichtlich gewisser socialer Zustände der menschlichen Bewohner. Es war mir eine grosse Freude, zu finden, dass Riehl, obwohl er sich nur durch die social-politischen Zustände leiten lässt, dennoch fast gleichzeitig mit mir zu einer ähnlichen Dreitheilung Deutschlands gelangte, wie ich durch die geologischen.

Vielleicht am geringsten ist der Einfluss des Bodenbaues auf die Entwickelung der Sprachen, wenn man davon als unwesentlich: Ausdrücke für besondere Bodenformen, oder technische Bezeichnungen, wie die der Bergleute, ausnimmt. In Wilhelm von Humboldt's berühmtem Werk über die Kawisprache finde ich nur eine Stelle, welche sich in gewissem Grade auf ein solches Verhältniss bezieht, indem er S. 50 sagt: „Der Dialekt entspringt aus der Verschiedenheit des Wohnorts oder der Abstammung“.

Auf die gemüthliche Entwickelung wirken mehr noch

die äusseren Formen der Länder als unmittelbar ihr innerer Bau. Aber in so fern wir das gesellige Zusammenleben und die Entwickelung der Künste in bestimmten Richtungen in das Gebiet des Gemüths hereinziehen, lassen sich zuweilen ganz specielle Einflüsse erkennen.

Lyell zeigt in seiner zweiten Reise nach Amerika, dass es nicht gleichgültig ist, ob das fossile Brennmaterial einer Gegend aus Steinkohlen oder aus Anthracit besteht, da die ersteren beim Verbrennen Rauch und oft übeln Geruch entwickeln, die letzteren nicht. Er sagt darüber (Uebers., Bd. I, S. 237): „Selbst in moralischer Hinsicht betrachte ich den Mangel an Rauch als einen positiven nationalen Gewinn, denn er bewirkt, dass die reicheren und gebildeteren Einwohner in Städten den grösseren Theil des Jahres an der Seite ihrer ärmeren Nachbarn wohnen, was sie nicht thun würden, wenn die Luft und die Häuser so von Rauch und Russ beschmutzt wären wie in Manchester, Birmingham, Leeds oder Sheffield. Hier dauern Kleidung und Möbel länger und sehen weniger trübe aus, Blumen und Sträucher können in Stadtgärten cultivirt werden, und Alle, die sich entfernen können, werden nicht auf das Land oder in eine entfernte Vorstadt getrieben. Die Bildung von Bibliotheken, von wissenschaftlichen und literarischen Instituten, Museen und Vorlesungen und der tägliche Verkehr zwischen den verschiedenen Classen der Gesellschaft, mit einem Wort, Alles was Geist und Geschmack einer grossen Bevölkerung fördern und verfeinern kann, wird durch diese Berührung von Reich und Arm erleichtert. Als Zugabe zu der Wichtigkeit, die die politischen Institutionen von Amerika den mittleren und unteren Classen geben, halte ich es für eine glückliche geologische Anordnung für die Civilisation der zuerst auf diesem Continent gegründeten Städte, dass die anthracitischen Kohlenfelder alle auf der östlichen Seite der Alleghanykette liegen und alle bituminösen Kohlenfelder auf ihrer westlichen Seite“.

Dass die bildende Kunst mindestens in ihrem Ursprung einigermaassen abhängig sei von den Gesteinen die sich ihr

darbieten, habe ich in „Deutschlands Boden" mehrfach gezeigt, und wiederhole hier nur eine Bemerkung Boué's aus dessen Schrift: „Ueber den Werth der Geologie", wo er S. 33 sagt: „Hätten die Griechen in ihrem Lande und auf Kleinasiens Küsten nicht so schöne Marmore und Porphyre gefunden, so würde ihre Bildhauerei nicht die Richtung genommen haben, die sie an die Spitze dieser Kunst setzte. So mussten im Gegentheil die Götzenbilder in Mexico und Yucatan viel gröber ausfallen, weil sie dazu Trachyte benutzten und kein so schönes Material als die Griechen fanden. Selbst die Götzenbilder der Buddhisten und anderer Religionen Indiens und Hinterindiens mögen theilweise ihren Charakter von den gebrauchten plutonischen oder vulkanischen Gesteinen bekommen haben. Wären Norwegen und der Altai unter dem Himmel Aegyptens gewesen und hätten sie eine so alte Civilisation gehabt, so hätten die Elfdalener Porphyre und Kolyvaner sogenannten Jaspise Statuen wie die nubischen hervorgerufen. Wie verschieden die Bauart und Baukunst in Mesopotamien, Aegypten, Indien, Griechenland und Italien ausgefallen ist, wurde schon oft anerkannt, weil im Euphratbecken Thon, tertiärer Kalk, Alabaster, vulkanischer oder Bimssteintuff zu Gebote standen, weil in Indien und Aegypten Granite und plutonische Gebilde, sowie Sandsteine und Quarzfelsen zu dem eigenthümlichen Baustyl oder selbst zu dem Aushauen von Tempeln in Fels Anlass gaben. Darum finden wir auch in gewissen Ländern, wie in Kleinasien, in der europäischen Türkei, im Cantal u. s. w., jene Reste von Troglodytenwohnungen, weil da Süsswasserkalk, wie in der Türkei, oder vulkanisches Bimssteinconglomerat vorhanden war. (S. Hamilton's „Researches in Asia minor", 1841.) Der Gegensatz zwischen der sogenannten cyklopischen Bauart und derjenigen der Römer und Griechen ruht theilweise auf ähnlichen Ursachen des vorhandenen Materials, denn die erstere Bauart braucht Steine, die grosse polyedrische Quadern geben, wie Basalte, Granite, Porphyre, gewisse Kalksteine u. s. w. Ohne die eocenen Nummulitengesteine Aegyptens wären die berühmten Pyramiden nie ent-

Digitized by Google

standen, denn nur diese weiche Felsart gab die Möglichkeit dazu, was schon die Abwesenheit des Granits oder Syenits in jenen Denkmälern beweist, obgleich die grössere Dauer der letzteren Gesteine den Aegyptern wohl bekannt war und sie sie für kleine Monumente darum wählten. Sie glaubten diesen Fehler durch eine künstliche Bedeckung zu heben und haben sich doch theilweise verrechnet".

Sehr ausführlich hat Hausmann den Einfluss der Beschaffenheit der Gesteine auf die Architektur in den Schriften der Königlichen Societät zu Göttingen behandelt. Es versteht sich aber von selbst, dass durch die Vervollkommnung der Transportmittel dieser Einfluss mehr und mehr von seinem localen Charakter verloren hat.

Bei so vielseitiger Einwirkung des äusseren und inneren Bodenbaues auf das Leben der Menschen ist es bedauerlich, dass die Forscher, welche das Studium seiner Entwickelung sich zur Aufgabe gemacht haben, bisher noch so wenig Notiz nahmen und nehmen konnten von dem Einfluss des geologischen Baues der Länder auf die Geschichte der Völker. Welche wichtige Rolle spielen Eisen und Kohlen in der Geschichte Englands, edle Metalle in der Amerika's und Russlands, grosse Mannigfaltigkeit des inneren Baues in der Deutschlands.

Freilich viele dieser geologischen Einwirkungen sind ganz ausserordentlich langsamer, und dadurch schwer nachweisbarer Natur. Sie werden oft jahrhundertelang überwogen und zurückgehalten durch die bereits erblich gewordenen Eigenthümlichkeiten der aus anderen Wohnsitzen eingewanderten Völkerstämme, ganz ohne Wirkung kann aber ihr unermüdlicher Einfluss auf die Dauer nicht bleiben. Ein solches Beispiel langen Verharrens in einmal erblich gewordener geistiger Indolenz zeigt uns der Stamm der Osmanen, die trotz ihrer Besitznahme an den reichgegliederten Küsten des Marmara- und des Aegäischen Meeres, noch immer die alte Scheu vor der Civilisation, der Arbeit, bewahrt haben. Diese Ausnahme kann aber nicht die Regel umstossen, um so weniger, da 400 Jahre unter solchen Umständen wie sie hier vorliegen, in der Ent-

wickelung des Völkerlebens doch nur eine kurze Spanne Zeit sind. Hätten den Türken der griechischen Halbinsel von Anfang an die unterdrückten Nationen als Arbeiter gefehlt, so würde wohl die Einwirkung des Bodenbaues auch bei ihnen eine günstigere gewesen sein.

Wenn man die Länder und ihre Bewohner nach allgemeinen hervorsteehenden Zügen vergleicht, so findet sich überall eine gewisse Uebereinstimmung, oder ein Einfluss des Bodenbaues auf den nationalen Charakter, d. h. in letzterem gewisse Züge, welche nicht eingewandert, sondern örtlich entstanden sind.

In Deutschland haben wir ein geologisch sehr mannigfaltig gegliedertes Land ohne scharfe Umgrenzung, mit vielen, aber nirgends massenhaft und verschwenderisch angehäuften Bodenschätzen vor uns. Mit Bodenschätzen, die des Fleisses, der Intelligenz und der Sparsamkeit bedürfen, um noch mit Vortheil ausgebeutet zu werden. Entspricht nun diesen Verhältnissen nicht die politische und sociale Zersplitterung, die geringe nationale Geschlossenheit, die Thätigkeit, intelligente Durchbildung, und in gewissem Grade Kleinlichkeit, der deutschen Nation? Es zeigt sich in Deutschland die grösste Mannigfaltigkeit und Gliederung im Leben wie in den Formen des Staats.

England, durch seine Wassergrenzen scharf abgeschlossen, bietet seinen Bewohnern massenhafte Ablagerungen von Kohle, Eisen und Schiefer zur Production im grossartigsten Maassstabe. Sind das nicht Gründe für einen scharf abgeschlossenen Nationalcharakter, für grossartigen Unternehmungsgeist, wo es auf massenhaftes Zugreifen ankommt, aber für mindere Durchbildung im Einzelnen?

Frankreich, nach drei Seiten scharf von der Natur begrenzt, geologisch nicht so mannigfaltig gegliedert als Deutschland, mit einem grossen Hauptbecken, fordert seine Bewohner stets zur Centralisation auf. Frankreich liegt in Paris, dieses im Seinebecken. Kann diese von der Natur gebotene Centralisation nicht auch eine Ursache geworden sein für die so

scharf ausgeprägte nationale Ruhmeseitelkeit und für die besondere Liebe zum Herrschen nach Aussen, sei es durch das Schwert oder auch nur durch die Mode?

Italien, lang gestreckt, aber äusserlich scharf umgrenzt, von einer Hauptgebirgskette durchzogen, sucht vergeblich seinen Schwerpunkt, seitdem es nicht mehr im Ganzen der Schwerpunkt der alten Mittelmeerwelt ist. Seine Bodenschätze haben nie zu grosser, überall vertheilter Thätigkeit aufgefordert.

Das europäische Russland, eine weite Niederung, bis vor Kurzem ohne aufgeschlossene reiche oder mannigfaltige Bodenschätze in seinem Flachlande, ist naturgemäss vergleichsweise einförmig bevölkert, geistig wenig entwickelt, für eine autokratische Regierungsform durchaus geeignet. Bei mannigfacher, in den einzelnen Stämmen verschiedener Begabung hat die gesammte slawische Völkergruppe, seit ihrem Eintreten in das grosse europäische Leben, doch keinen geistigen Einfluss von Belang geübt, oder durch Originalität sich ausgezeichnet. Ein Bürgerthum vermochte sie aus sich selbst nicht herauszuarbeiten, sie hat keinen dritten Stand, ausser in den czechischen Landen, d. h. in Deutsehland.

Nordamerika, in dem bis jetzt bevölkerten östlichen Theile geologisch einförmig — d. h. jede Formation nimmt zusammenhängend grosse Flächenräume ein — bietet nur wenig romantische Gegenden, dafür aber massenhafte Kohlen- und Metallablagerungen. Wir finden in ihm ein, aus den verschiedensten Urelementen zusammengewandertes Volk, dessen Streben dennoch ein übereinstimmendes geworden ist, ohne romantische Regung, zu grossartiger Auffassung und Ausbeutung geneigt und nur dieser zustrebend, die Vielseitigkeit der Durchbildung im Einzelnen dagegen etwas vernachlässigend.

Das sind einige Beispiele, in welchen sich, wie mir scheint, ein gewisser Zusammenhang zwischen dem geologischen Bau ganzer Länder und der besonderen Entwickelung ihrer Bewohner nachweisen lässt.

Digitized by Google

Es ergiebt sich, wie ich hoffe, aus diesen Betrachtungen, dass der Bau der festen Erdrinde in vielfacher Beziehung auf die Lebensverhältnisse der Menschen einwirkt.

Wenn wir nun vom speciellen Unterschied der einzelnen Gesteine und ihrer Verbreitungsgebiete beginnen, so ist deren Einfluss allerdings nur ein sehr beschränkter. Von ihm hängen einigermaassen ab: die Häufigkeit und besondere Beschaffenheit der Quellen, die Fruchtbarkeit der Bodenkrume, die Beschaffenheit der Anbaustellen, die Baumaterialien, gewisse speciell bodenständige Industriezweige, — denen schwere Rohmaterialien des Bodens zur Grundlage dienen, wie Eisenerze, Kohlen, Salz, Thon und andere nutzbare Gesteine —; sowie endlich manche specielle Verkehrs-Hindernisse oder Erleichterungen.

Einen etwas allgemeineren, und deshalb schon weniger scharf umgrenzbaren Einfluss üben die Combinationen der Gesteine zu natürlichen Gruppen, welche man auch geologisch als Formationen, Combinationen oder Gruppen zu unterscheiden pflegt. Sie wirken nicht nur durch das Zusammenvorkommen mehrerer einzelnen Gesteine, deren Vortheile oder Nachtheile sich summiren oder neutralisiren, sondern auch durch den eigenthümlichen Charakter der Oberflächenform, welcher durch sie veranlasst wird.

Noch allgemeiner und minder specifisch ist endlich die Wirkung des geologischen Baues ganzer Gegenden. oder Länder, worunter nicht nur die Verschiedenheit der Natur der Gesteine, sondern auch die ihrer Lagerungsverhältnisse zu verstehen ist, welche letztere grossentheils durch locale vulkanische oder plutonische Thätigkeit bedingt wurde. Die Erhebung des Bodens zu Gebirgen, deren Ausdehnung und Gestalt, — also Umgrenzungsform — Höhe und besondere Oberflächengestalt, sind Folgen des inneren Baues, und der Kräfte welche darauf gewirkt haben. Alle diese Umstände sind aber von wesentlichem Einfluss auf die Lebensverhältnisse der Menschen, wenn sich derselbe auch nicht so speciell als Ursache der Lebenserscheinungen nachweisen lässt, als das bei den specifischen Wirkungen der einzelnen Gesteine der Fall ist.

Digitized by Google

Nach dem Allen halte ich mich berechtigt zu dem Schluss: die gegenwärtige Oberfläche der Erde mit allen ihren Eigenthümlichkeiten ist etwas nach und nach Gewordenes, Entwickeltes; ebenso alles Leben auf ihr, und Beides in steter gegenseitiger Beziehung zu einander.

Digitized by Google

SACHREGISTER.

Digitized by Google

Digitized by Google

NAMENVERZEICHNISS.

Digitized by Google



Druck von J. J. Weber in Leipzig.

22 AP 68

Digitized by Google

Digitized by Google




Digitized by Google



Digitized by Google



Google



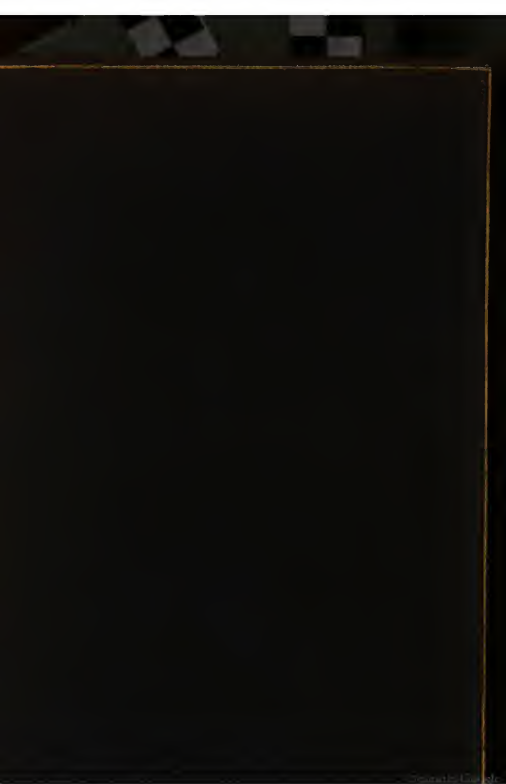
Digitized by Google



Google







Digitized by Google